НАЧИНАЮЩЕМУ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

ПРИЕМНИК-АВТОРУЧКА

Н. ПАРФЕНОВ

Приемник собран по схеме 1-V-2 и рассчитан на прием одной местной мощной радиостанции, работающей в диапазоне длинных волн; настройка фиксированная. Чувствительность приемника 20—30 *мв/м*, выходная мощность около 1 *мвт*. Такой мощности вполне достаточно для индивидуального прослушивания речевых и музыкальных программ. Приемник питается от батареи *Б1*, состоящей из двух аккумуляторов Д-0,06. Напряжение батареи 2,5 *в*. Продолжительность работы с полностью заряженными аккумуляторными элементами около 15 часов.

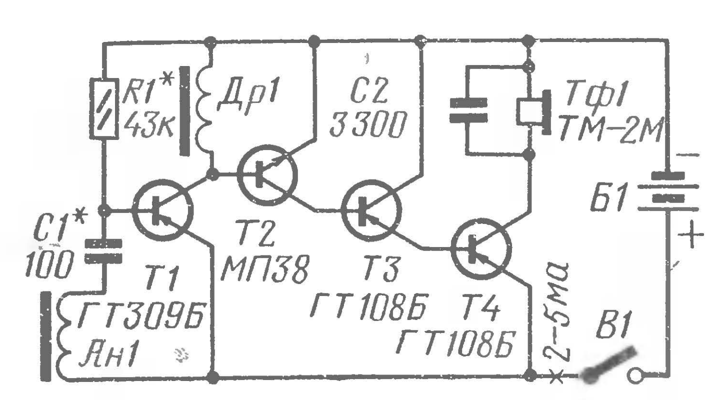


Рис. 1. Принципиальная схема приемника

Принципиальная схема приемника показана на рис. 1. Входная цепь приемника представляет собой магнитную антенну *Ан1*. На транзисторе *Т1* собран усилитель ВЧ, нагрузкой которого служит дроссель *Др1*. Детектором служит транзистор *Т2*. Усилитель НЧ выполнен на транзисторах *Т3* и *Т4*. Нагрузкой транзистора *Т4* является телефон *Тф1*.

Все детали, кроме батареи *Б1* аккумуляторов, телефона *Тф1* и магнитной антенны *Ан1*, монтируются непосредст-

венно на печатной плате. Чертеж печатной платы и расположение на ней деталей приведены на рис. 2. Выводы всех деталей (в том числе и транзисторов) сильно укорочены, поэтому паять их нужно быстро и аккуратно.

Печатную плату устанавливают в корпус, изготовленный из листового органического стекла толщиной 10 *мм* в виде двух половинок, скрепляемых двумя винтами М2,5. Углубления для монтажной платы, телефона и аккумуляторов выбирают на фрезерном станке, бормашиной или высверливают сверлом с последующей обработкой. Корпус можно изготовить методом горячей прессовки из тонкого (0,8—1 *мм*) листового органического стекла. В зависимости от примененных деталей и качества монтажа толщина авторучки в сборе может быть равной 13—20 *мм*. Готовый корпус красят цапон-лаком путем двух или трехкратного погружения в ванночку с красителем и выдержкой на открытом воздухе в течение 5—10 часов после каждого погружения.

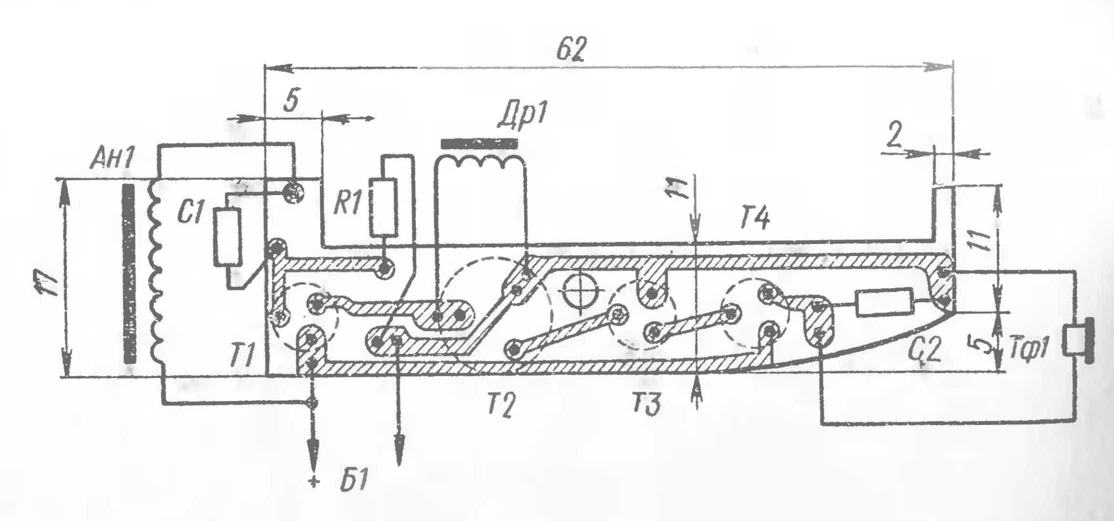


Рис. 2. Чертеж печатной платы и расположение на ней деталей

Расположение монтажной платы, аккумуляторов, телефона и пишущего стержня авторучки в корпусе показано на рис. 3, *а*. Конструкция и расположение выключателя *В1* могут быть произвольными. Прижим использован от старой перовой авторучки. Укреплен он путем вдавливания в корпус с помощью горячего паяльника. На рис. 3, *б* представлен вид собранного приемника-авторучки.

Магнитная антенна *Ан1* намотана проводом ПЭЛШО 0,1 на ферритовом стержне 400НН длиной 50 *мм*, изготовленном из стандартного сердечника диаметром 8 *мм*. На наждачном круге сердечник стачивают до диаметра, равного примерно 5 *мм*. Обмотка состоит из 200 витков, намотанных внавал равномерно по всей длине стержня. Дроссель *Др1* намотан таким же проводом на ферритовом кольце 600 НН (1000НН) диаметром 7—8 *мм*. Число витков — 160. Конденсатор *С1* типа КГ или КЛС, *С2* — КДС. Резистор *R1* — УЛМ, ВС-0,12.

В качестве телефона в приемнике использован капсюль ТМ-2М, у которого удален пластмассовый корпус и металлический ободок.

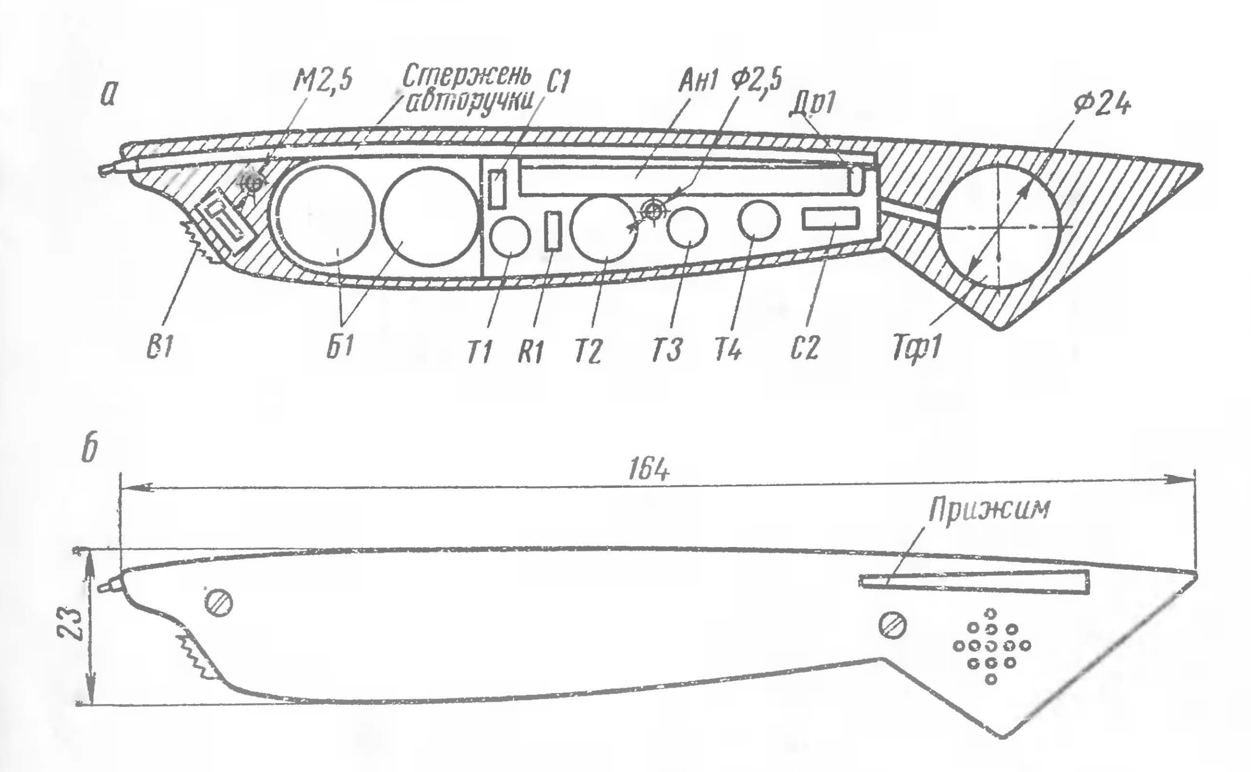


Рис. 3. Вид приемника-авторучки:
а — расположение деталей внутри корпуса; *б* — вид собранного приемника

Транзистор *Т1* можно использовать типа ГТ309, ГТ310 с любыми буквенными индексами. Статический коэффициент усиления тока $B_{ст}$ должен быть равен 50—100. Транзистор *Т2* может быть любым из серий МП36—МП38; $B_{ст}$ в пределах 30—60. Транзисторы *Т3* и *Т4* можно заменить на ГТ108, ГТ109 с любыми буквенными индексами и $B_{ст}$ около 40.

Налаживание приемника сводится к подбору резистора *R1* так, чтобы в телефоне был слышен достаточно громкий и неискаженный звук, и конденсатора *С1*, емкость которого должна соответствовать точной настройке на выбранную радиостанцию. Прежде чем собирать приемник на монтажной плате, полезно предварительно проверить его работу на макете.

ДИСКОВЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ДИАПАЗОНОВ

В. ЛИПНИЦКИЙ, В. СОКОЛОВ

Известно, что барабанный переключатель диапазонов является наиболее удобным при конструировании высокочастотной части любительских портативных радиовещательных приемников. Однако радиолюбители далеко

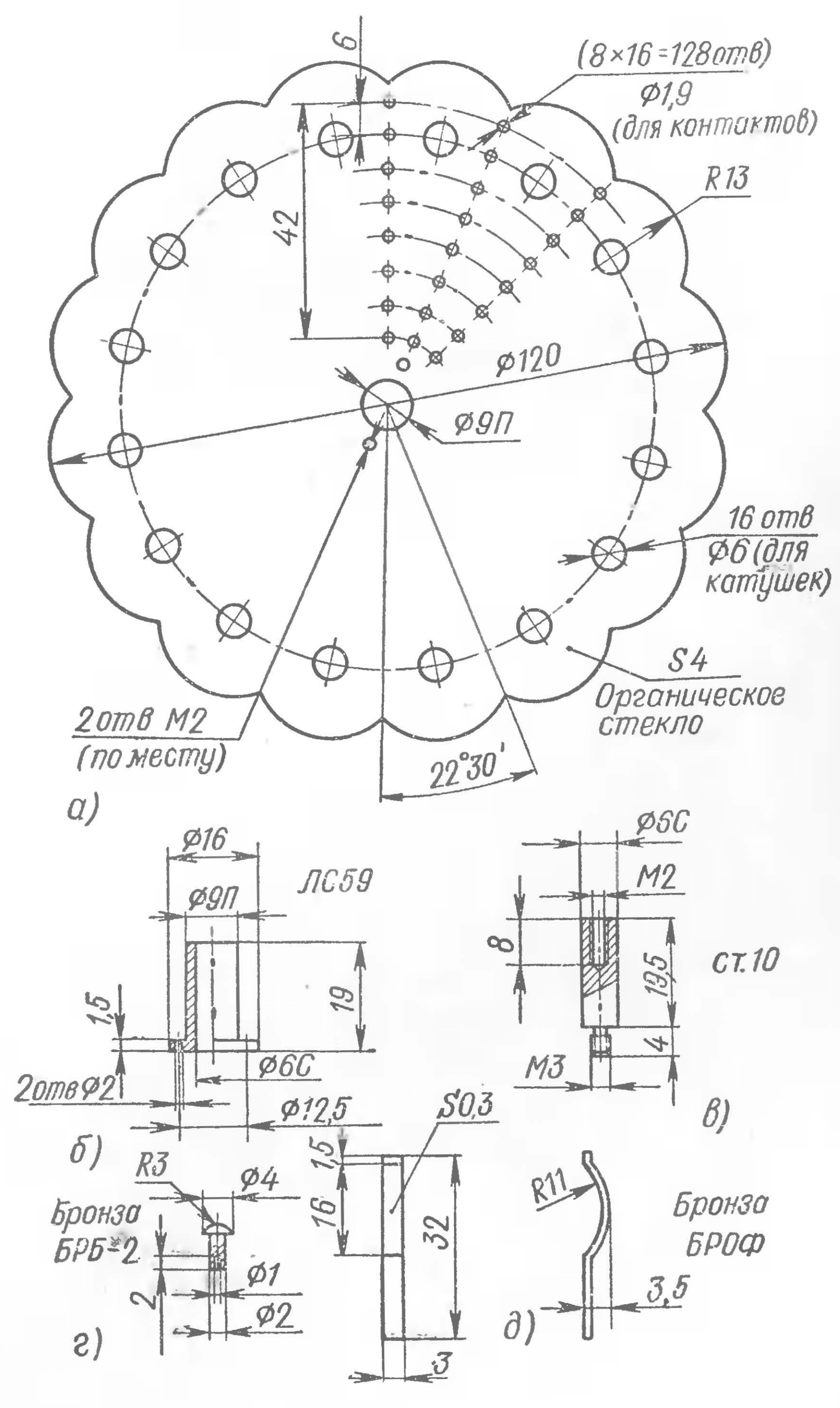


Рис. 1. Детали дискового переключателя диапазонов:
а — диск; *б* — втулка; *в* — ось; *г* — контакт; *д* — контактная пружина

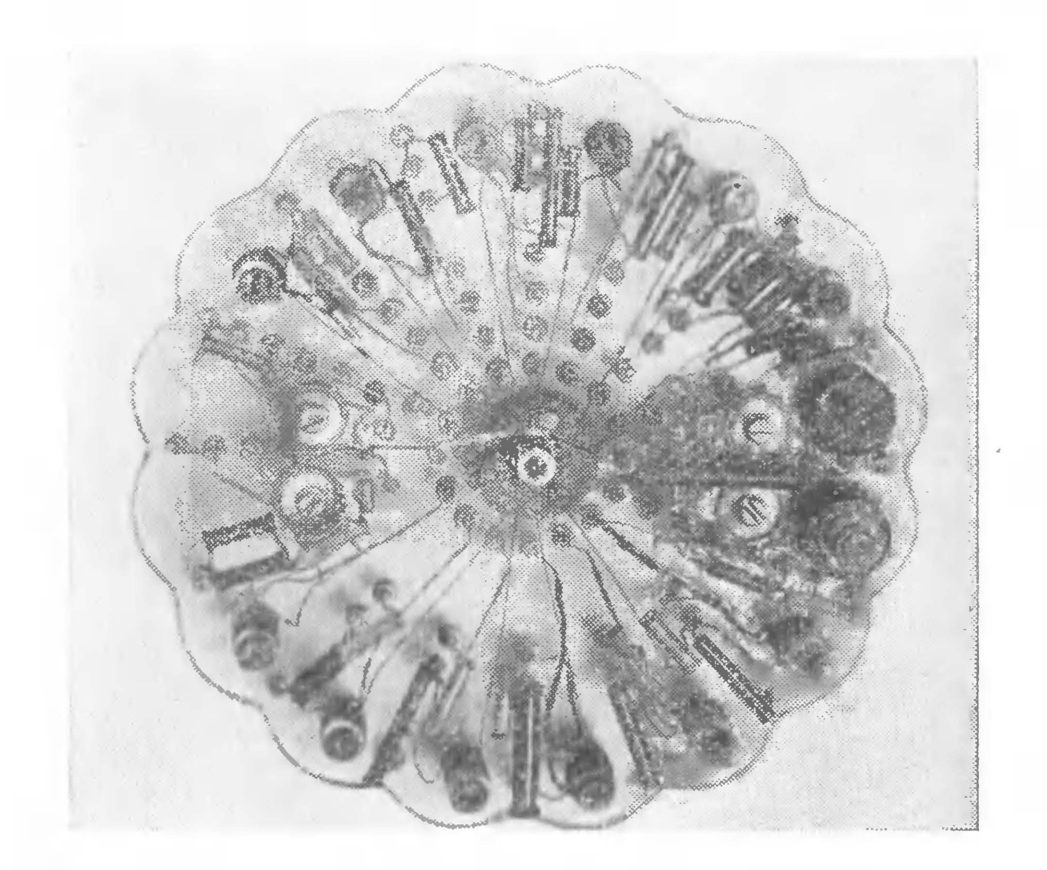


Рис. 2. Вид диска в сборе

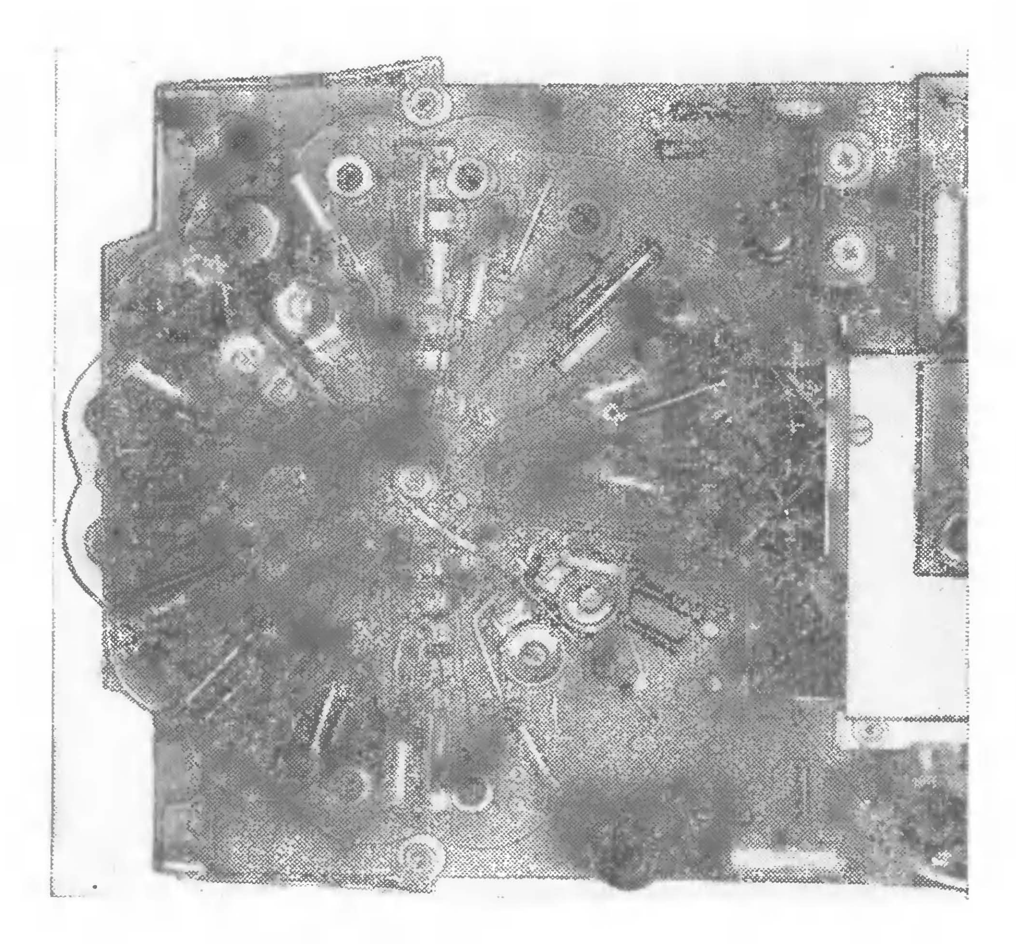


Рис. 3. Размещение переключателя в приемнике

не всегда имеют возможность приобрести барабанный переключатель. В таких случаях может оказаться полезной описываемая ниже конструкция восьмидиапазонного дискового переключателя. Этот переключатель был изготовлен для приемника, выполненного по схеме широко распространенного промышленного радиоприемника «ВЭФ-12» (описание его можно найти в «Радио», 1969, № 1).

Переключатель обладает хорошими эксплуатационными свойствами, малыми размерами и весом, не содержит дефицитных деталей. Он представляет собой фигурный диск, изготовленный из органического стекла толщиной 4—5 *мм*, на котором установлены все детали входных и гетеродинных контуров всех диапазонов приемника. Контуры подключаются к приемнику контактной системой, подвижная часть которой представляет собой пустотелые заклепки, запрессованные в диск, а неподвижная — плоские, особым образом изогнутые пружинящие пластины, укрепленные на печатной плате приемника. Чертежи деталей переключателя представлены на рис. 1, а вид диска в сборе — на рис. 2. В переключателе использованы каркасы катушек от фильтров ПЧ приемника «Беларусь-59». Можно применить каркасы и от других приемников. Каркасы вклеивают в отверстия дихлорэтаном. В центральном отверстии диска *1* укрепляют втулку *2*. Осью переключателя служит деталь *3*, укрепленная непосредственно на печатной плате. Размеры контактов *4* и контактных пружин *5* также приведены на рис. 1. В качестве контактов *4* удобно использовать посеребренные заклепки от керамических плат галетных переключателей.

Диск размещают в приемнике так, чтобы его венец несколько выступал из корпуса через прямоугольное отверстие. Нажатием на выступы венца производят переключение диапазонов. Фиксаторы диска представляют собой капроновые или фторопластовые ролики, укрепленные на плоских пружинах. Пружины с помощью металлических уголков привинчены к плате. Размещение переключателя в корпусе приемника показано на рис. 3.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ГЕНЕРАТОР СПИРАЛЬНОЙ РАЗВЕРТКИ

В. РИНСКИЙ

Спиральная развертка изображения на экране электроннолучевой трубки может применяться в различных электронных устройствах, в частности, в измерителях временных интервалов. Благодаря значительной длине линии спиральной развертки (по сравнению с линейной и круговой) оказывается возможным расширение диапазона измерений и повышение их точности. Спиральная развертка используется также в некоторых системах прикладного телевидения, в аналоговых вычислительных аппаратах (в «корнеискателях» — устройствах для численного решения алгебраических уравнений) и других приборах.

Для сообщения электронному лучу движения по спиральной траектории часто применяются специальные электроннолучевые трубки, снабженные радиально отклоняющими электродами. Например, в осциллографических измерителях времени ОК-15М и ИВ-22 (И2-3) спиральная развертка образуется на экране трубки 23ЛО51А с коаксиально-коническим отклоняющим электродом. Для спиральной развертки можно использовать также трубку 8ЛО3ОИ со штыревым отклоняющим электродом.

Невысокая чувствительность таких трубок и ограниченность их ассортимента обусловливают необходимость разработки генераторов спиральной развертки для обычных электроннолучевых трубок без радиально отклоняющих электродов. Однако схемы этих генераторов весьма сложны. Например, в измерителе времени ИВ-13М спиральную развертку получают при помощи задающего генератора, интегратора, балансного модулятора с последующим фазорасщеплением и двухтактного усилителя отклоняющих напряжений. Вместе с устройством формирования временных меток генератор развертки этого прибора содержит 11 электронных ламп.

Ниже приводится описание принципа действия, практической схемы и конструкции более простого генератора спиральной развертки, работающего с обычной электронно-

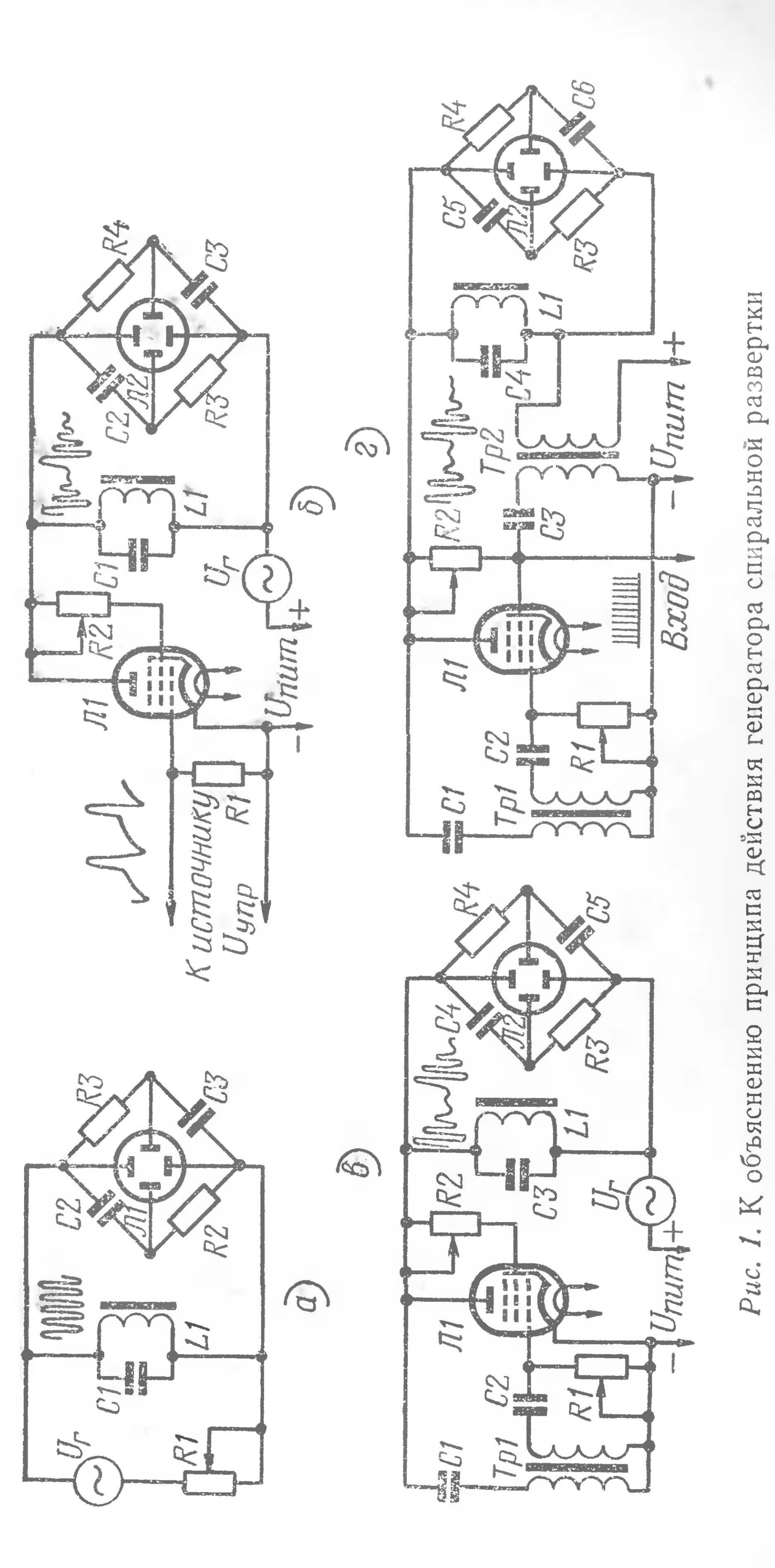


Рис. 1. К объяснению принципа действия генератора спиральной развертки

лучевой трубкой, а также указываются некоторые варианты его использования. Генератор может применяться совместно с промышленными или любительскими осциллографами, имеющими выводы непосредственно от отклоняющих пластин трубки, а также использоваться в качестве составной части специальных осциллографических устройств: измерителей временных интервалов, панорамных приемников и других устройств.

Для того чтобы получить спиральную развертку, к отклоняющим пластинам трубки должны быть приложены сдвинутые по фазе на 90° синусоидальные напряжения, амплитуда которых убывает или возрастает со временем. Принцип действия подобного генератора удобно иллюстрировать рис. 1. На рисунке условно показаны две пары отклоняющих пластин; остальные элементы трубки не приведены. Если последовательно с источником (генератором) переменного напряжения (рис. 1, *а*) включить переменный резистор *R1* и настроенный на частоту *f* источника колебательный контур *L1C1*, нагруженный мостовым фазовращателем *R2, R3, C2, C3*, к соответствующим точкам которого присоединены отклоняющие пластины электроннолучевой трубки *Л1*, то при одинаковой чувствительности пар отклоняющих пластин трубки и выполнении условия

$$R2 = R3 = \frac{1}{2\pi f C2} = \frac{1}{2\pi f C3}$$

на экране должна получиться окружность. Различие реальной чувствительности пар пластин легко может быть скомпенсировано с помощью делителя напряжения, не показанного на рисунке. Сопротивление резистора *R1* определяет ток возбуждения контура *L1C1*, амплитуду вынужденных колебаний в нем и в конечном итоге радиус окружности развертки. Для получения быстрых радиальных отклонений луча трубки, соизмеримых по длительности с периодом развертки, вместо резистора необходимо использовать безынерционный регулятор тока или ключ, в качестве которого может служить, например, электронная лампа.

В устройстве по схеме рис. 1, *б* последовательно с колебательным контуром L1C1 включен пентод Л1, управляемый действующим на его первой сетке импульсным напряжением. Это напряжение состоит из экспоненциальных отрицательных и коротких положительных импульсов. При отрицательном напряжении на первой сетке пентод закрыт, а при поступлении положительного импульса открывается на короткое время, и генератор переменного напряжения $U_г$ возбуждает в контуре *L1C1* вынужденные колебания

большой амплитуды, которые после закрывания лампы сравнительно медленно затухают до прихода очередного импульса. Напряжение с контура *L1C1* поступает на фазовращатель *R3*, *R4*, *C2*, *C3* и далее на отклоняющие пластины трубки *Л2*. Благодаря убыванию со временем амплитуды колебаний движение луча на экране трубки происходит по свертывающейся спирали. Начальный радиус спирали устанавливается с помощью переменного резистора *R2* в цепи второй сетки пентода *Л1*. Для получения периодически повторяющейся развертки импульсное напряжение на первой сетке лампы *Л1* должно быть синхронизировано с напряжением $U_г$. Импульсное напряжение, управляющее пентодом, может быть получено, например, от блокинг-генератора, работающего в режиме повторения или деления частоты напряжения $U_г$. В первом случае на экране будет получаться одновитковая, во втором — многовитковая спираль. В блокинг-генераторе целесообразно использовать первую сетку и анод пентода *Л1*. Подобная схема изображена на рис. 1, *в*. Трансформатор *Тр1* импульсный; переменным резистором *R1* можно регулировать период повторения импульсов блокинг-генератора, то есть число витков спирали развертки.

Если с анода на вторую сетку лампы *Л1* (рис. 1, *г*) через трансформатор *Тр2* и конденсатор *C3* подать положительную обратную связь, то будет обеспечено возбуждение колебаний в контуре *L1C4* без генератора напряжения $U_г$. Здесь ненастроенный трансформатор *Тр2* служит лишь для изменения амплитуды и фазы напряжения обратной связи, а частота колебаний зависит главным образом от параметров контура *L1C4*. При этом отпадает необходимость в синусоидальной форме переменной составляющей анодного тока лампы *Л1*, так как его высшие гармоники, для которых контур представляет малое сопротивление, практически не влияют на колебания, возбуждаемые в контуре. Следовательно, становятся допустимыми искажения формы анодного тока, что делает возможной работу лампы *Л1* и за пределами линейного участка ее характеристики, в том числе и в импульсном режиме.

Таким образом, устройство, выполненное по схеме рис. 1, *г*, способно генерировать напряжения, необходимые для получения спиральной развертки, без использования внешнего генератора. Кроме того, это устройство позволяет наблюдать на экране трубки короткие импульсы, например, метки времени, появляющиеся в виде «зубчиков» на линии развертки. Для этого сигнал метки в положительной полярности подают на одну из сеток лампы *Л1*: при малой

амплитуде сигнала — на первую, при большой — на вторую. В момент действия короткого импульса внутреннее сопротивление лампы уменьшается и шунтирует контур, из-за чего кратковременно уменьшается мгновенное напряжение на контуре и на линии развертки возникает выброс, направленный к центру экрана. В принципе подобный генератор может быть построен на транзисторах или тиристорах. Однако практически использование полупроводниковых приборов сопряжено со значительными трудностями, а тиристоры и подходящие транзисторы пока еще малодоступны для большинства радиолюбителей. К тому же полупроводниковый вариант представил бы интерес лишь для устройств с автономным питанием.

Предлагаемый генератор спиральной развертки построен по схеме рис. 1, *г*. В конструктивном отношении он представляет собой отдельный прибор с питанием от сети 127/220 *в* частотой 50 *гц*. Потребляемая от сети мощность не превышает 15 *вт*. Размеры прибора 250×120×100 *мм*.

Форма линии развертки генератора — логарифмическая спираль, число витков которой можно регулировать в пределах от одного до четырех. Длительность прохождения лучом одного витка спирали 10 *мсек*. Максимальный радиус спирали при работе с трубкой 13ЛО37И (в типовом режиме) регулируется в пределах 10—60 *мм*. Индикация наблюдаемых сигналов яркостная или амплитудная.

Генератор позволяет осуществлять спиральную развертку напряжениями: от внутреннего генератора частотой 100 *гц*, от внешнего генератора и второй гармоники частоты электрической сети. Вынужденные колебания, возбуждаемые в контуре, могут управляться сигналами внутреннего генератора импульсов с частотой повторения в пределах 25—100 *гц*, или внешнего генератора импульсов, или же вообще не управляться — в этом случае развертка вырождается в круговую.

Принципиальная схема генератора приведена на рис. 2. Основными его узлами, назначение и взаимодействие которых описано выше, являются генератор переменного тока, генератор импульсов, фазовращатель и выпрямитель. Генератор переменного тока построен по схеме с индуктивной связью и последовательным питанием на лампе *Л1* (используются катод, вторая сетка и анод), трансформаторе *Тр2* и контуре L1C6. Напряжение обратной связи с обмотки II трансформатора *Тр2* через конденсатор *C5* поступает в цепь второй сетки, потенциал которой, а следовательно, и амплитуда колебаний могут регулироваться переменным резистором *R3*. Резистор *R16* служит для улучшения формы

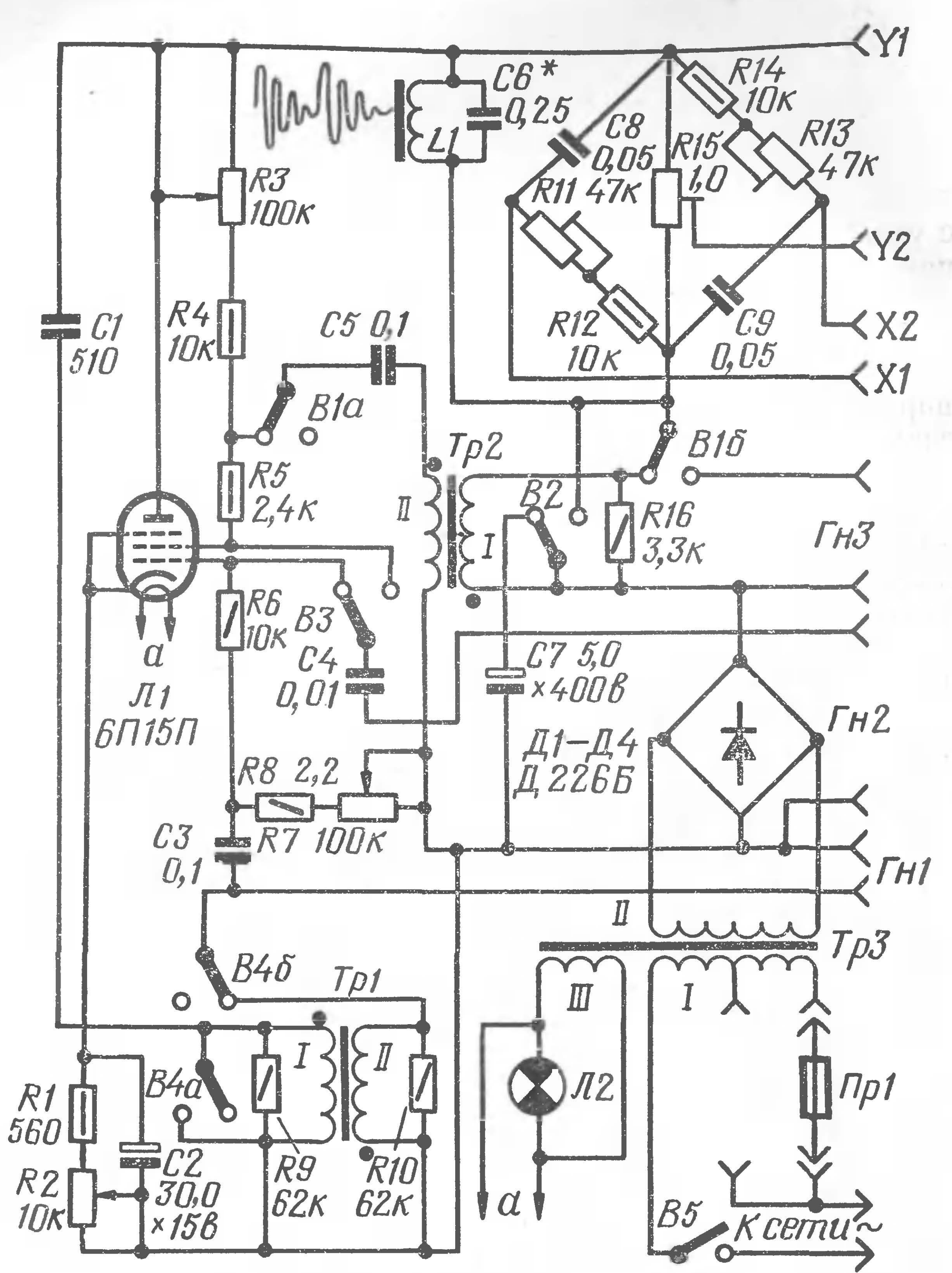


Рис. 2. Принципиальная схема генератора спиральной развертки

колебаний. Цепь обратной связи может быть разорвана переключателем *В1а*. Одновременно с этим секция *В1б* подключает последовательно с контуром *L1C6* внешний генератор (через гнезда *Гн3*) и отсоединяет обмотку *I* трансформатора *Тр2*. При работе прибора с внутренним или внешним генераторами переменного тока переключатель *В2* должен находиться в левом (по схеме) положении.

Конденсатор *С7* сглаживает пульсации выпрямленного диодами *Д1 — Д4* напряжения. Если же перевести переключатель *В2* в правое положение, то конденсатор *С7* отключается и пульсирующий ток выпрямителя, содержащий вторую гармонику сетевой частоты, протекает через контур *L1C6*, возбуждая в нем вынужденные колебания с удвоенной частотой сети (100 *гц*). Внутренний генератор при этом должен быть выключен переключателем *В1*.

Нагрузкой контура является фазовращатель *R11 — R14*, *С8*, *С9*, с диагонали которого через разъем (гнезда *X1*, *X2*) напряжение поступает на верхнюю (ближнюю к экрану) пару пластин электроннолучевой трубки осциллографа, совместно с которым работает генератор спиральной развертки. Поскольку чувствительность нижней (ближней к катоду) пары пластин больше, чем верхней, напряжение на нижние пластины подается с включенного в другую диагональ фазовращателя переменного резистора *R15*, являющегося делителем напряжения. Перемещением движка резистора *R15* можно уравнять отклонение луча по горизонтали и вертикали, что необходимо для получения неискаженной формы линии развертки. Напряжение к нижней паре пластин трубки поступает через тот же разъем (гнезда *Y1*, *Y2*).

Внутренним генератором импульсов является блокинг-генератор, собранный на той же лампе *Л1* (используются катод, первая сетка и анод), трансформаторе *Тр1* и разрядной цепи *С3—R7—R8*. Обмотка *I* трансформатора *Тр1* включена в анодную цепь лампы *Л1* через разделительный конденсатор *С1*. Шунтирование обмоток *Тр1* резисторами *R9* и *R10* предотвращает возникновение паразитных колебаний. Период повторения импульсов в цепи первой сетки регулируют в пределах 10—40 *мсек* (частота 25—100 *гц*) изменением сопротивления переменного резистора *R8*, а их амплитуду — переменным резистором *R2*. Выбор оптимальной амплитуды импульсов облегчает синхронизацию блокинг-генератора, особенно в режиме деления частоты переменного тока. Блокинг-генератор выключают переключателем *В4*, секция *В4а* которого замыкает обмотку *I* трансформатора *Тр1*, а секция *В4б* — отсоединяет обмотку *II* от сеточной цепи лампы *Л1*. При этом возможно управление затухающими колебаниями от внешнего источника импульсов, подключаемого к гнездам *Гн1*.

Для амплитудной индикации сигналов на экране трубки их источник присоединяют к генератору при помощи гнезд *Гн2*. Сигнал подается к первой или второй сетке лампы *Л1* в зависимости от положения переключателя *В3*.

Резисторы $R5$ и $R6$ служат для ослабления влияния генератора спиральной развертки на источник наблюдаемых на экране сигналов.

Генератор питается от выпрямителя, собранного на диодах *Д1—Д4*. Силовой трансформатор *Тр3* содержит три обмотки: сетевую *I* на 127/220 *в*, подключаемую к сети

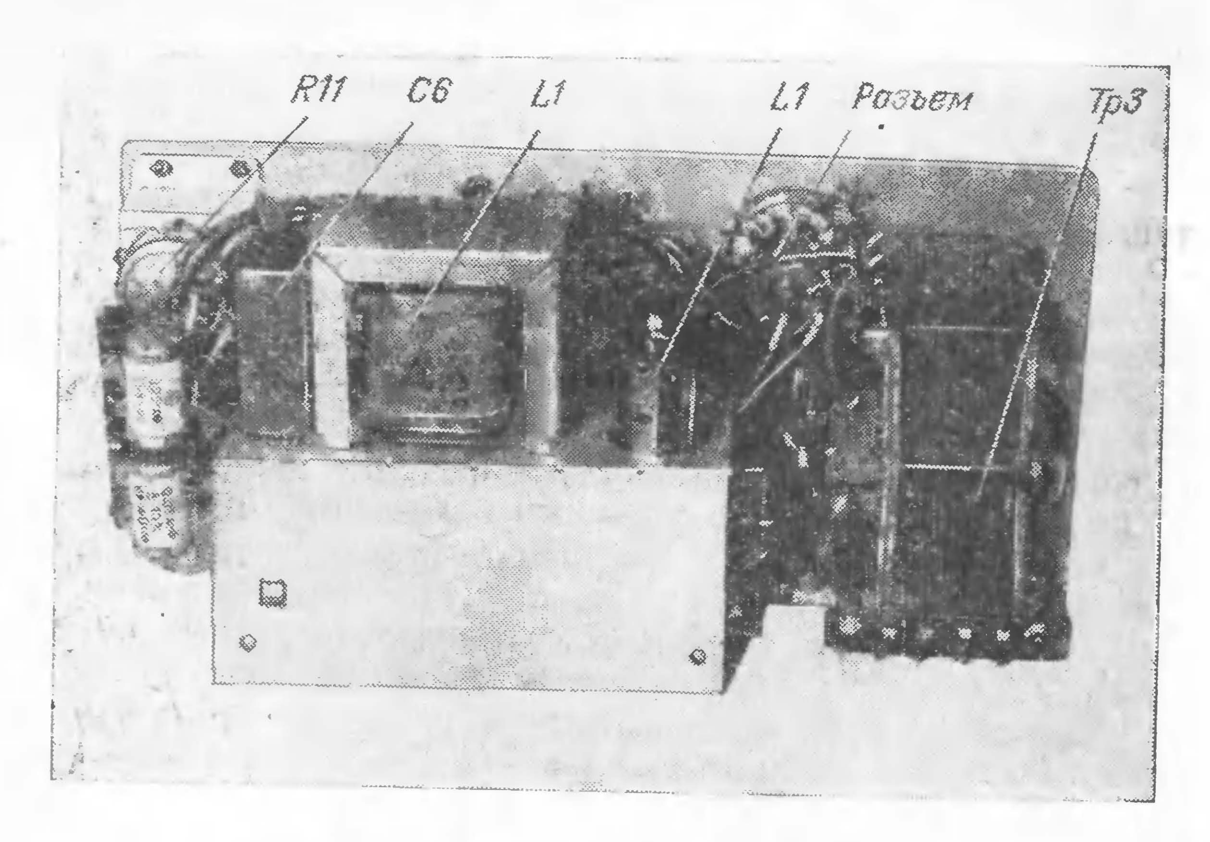


Рис. 3. Внутренний вид прибора

через предохранитель *Пр1*; анодную *II*, соединенную с выпрямителем, и накальную *III*, питающую подогреватель лампы *Л1* и сигнальную лампу *Л2*. Выключатель *В5* прибора механически связан с переменным резистором $R3$.

Генератор спиральной развертки смонтирован на Г-образном шасси, прикрепленном к алюминиевой вертикальной передней панели размерами 250×120×3 *мм*. Шасси и передняя панель изготовлены из листового дюралюминия. На шасси установлены катушка $L1$ контура, конденсатор $C6$ и лампа *Л1*. Трансформаторы *Тр1* и *Тр2*, а также большая часть постоянных резисторов и конденсаторов расположена в подвале шасси. Трансформатор *Тр3*, конденсатор $C7$, планка с диодами *Д1 — Д4*, лампа *Л2* и П-образная алюминиевая скоба с установленными на ней подстроечными резисторами $R11$, $R13$ и $R15$ укреплены на внутренней стороне передней панели. Вид на прибор со стороны шасси показан на рис. 3.

На лицевой стороне передней панели (рис. 4) расположены ручки переменных резисторов $R2$, $R8$ и $R3$, переключатели *В1—В4*, гнезда *Гн1—Гн3*, окошко сигнальной лампы *Л2*, гнезда $X1$, $X2$, $Y1$, $Y2$, образующие разъем, в качестве которого использована ламповая панель, и колодка для подключения сетевого кабеля.

Все трансформаторы и катушка $L1$ генератора спиральной развертки — заводского изготовления: трансформатор *Тр1* — унифицированный блокинг-трансформатор кадров БТК-II от телевизоров; *Тр2* — БТК-70; трансформатор *Тр3* — силовой от радиоприемника «Рекорд-53М»; катушка $L1$—дроссель фильтра (большой) от телевизора «Рубин-102» Данные трансформаторов и катушки $L1$ приведены в таблице.

Таблица

Обозначение по схеме	Сердечник	Обмотка	Число витков	Провод
Тр1	Ш7 × 7	I	1500	ПЭЛ 0,07
	Феррит 1000НМ	II	3000	ПЭЛ 0,07
Тр2	УШ10 × 15	I	1300	ПЭЛ 0,08
		II	2600	ПЭЛ 0,08
Тр3	Ш16 × 32	I	762 + 558	ПЭЛ 0,25
		II	1250	ПЭЛ 0,15
		III	41	ПЭЛ 0,93
L1	УШ16 × 32	I	2300	ПЭВ-2 0,25

В качестве переключателей *В1 — В4* использованы тумблеры ТП1-2 и ТВ2-1. Переменные резисторы — СП-2 или ТК. Оси резисторов $R11$, $R13$ и $R15$ выведены «под шлиц». Постоянные резисторы — МЛТ. Конденсаторы $C1$ и $C4$ типа КСО; $C3$, $C5$, $C8$ и $C9$ — КБГ-И; $C6$ — КБГ-МП на рабочее напряжение не менее 400 *в*. Вместо 6П15П можно использовать лампу 6П14П или 6П18П.

Налаживание прибора начинают с проверки правильности монтажа и работоспособности блока питания. Затем соединяют разъем генератора спиральной развертки с соответствующими выводами отклоняющих пластин элек-

тронполучевой трубки осциллографа 25-И (ЭО-7, С1-1). Желательно выбирать осциллограф с большим диаметром экрана — это позволит увеличить точность отсчета. Усилители и генератор развертки осциллографа отключают. Все переменные и подстроечные резисторы генератора спиральной развертки устанавливают в среднее положение, переключатели *В1*, *В3* и *В4* — в левое (по схеме) положение, а *В2* — в правое. После включения и прогрева приборов

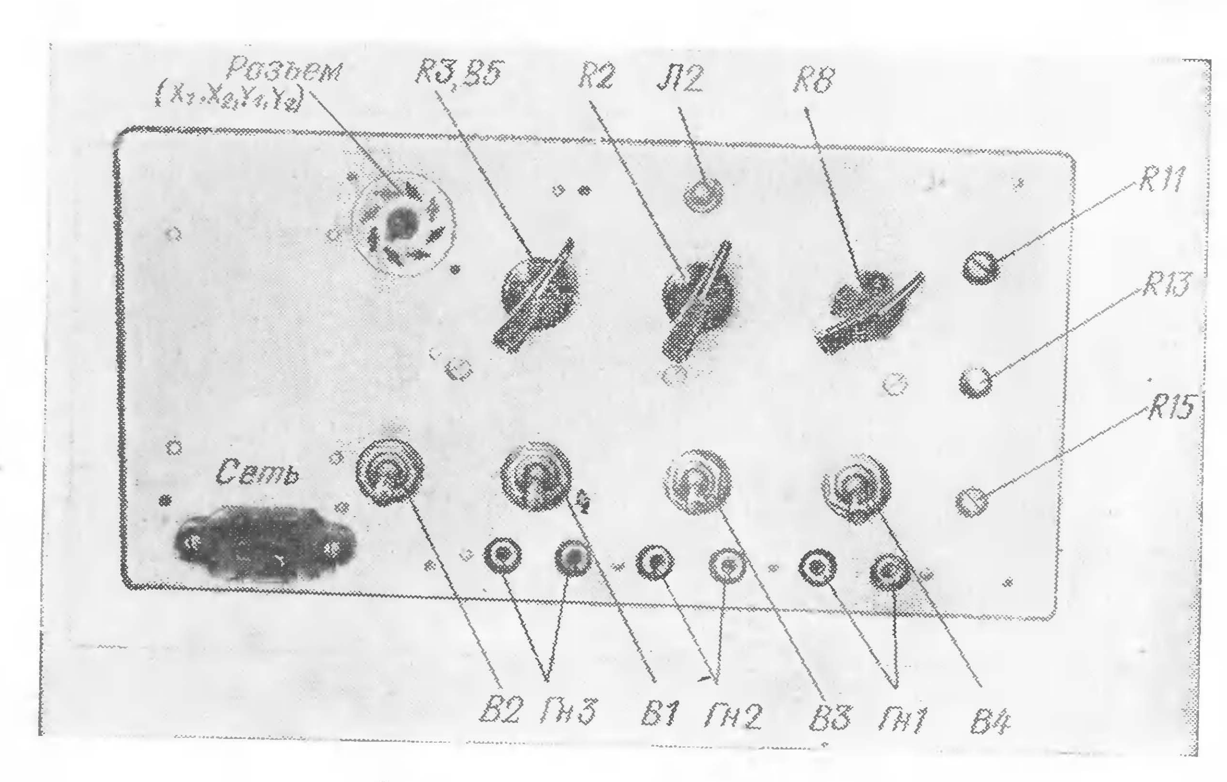


Рис. 4. Лицевая панель прибора

в течение пяти минут на экране трубки должна появиться замкнутая кривая, по форме близкая к эллипсу. Сначала подбирают конденсатор *С6* по максимуму площади, охватываемой этой кривой. Затем накладывают на экран вырезанный из прозрачной бумаги (кальки) круг с начерченными на нем несколькими концентрическими окружностями. Подстроечными резисторами *R11*, *R13*, *R15* и ручками смещения луча осциллографа добиваются геометрической правильности окружности на экране трубки. Если теперь перевести переключатель *В4* в правое положение, на экране должна появиться спираль. Число витков спирали регулируется переменным резистором *R8*, наибольший радиус — резистором *R3*, устойчивость развертки — резистором *R2*. При изменении сопротивления резистора *R2* несколько изменяется также размер осциллограммы. Поэтому окончательно устанавливают размер изображения попеременно резисторами *R3* и *R2*. После этого следует еще раз под-

корректировать форму спирали резисторами *R11*, *R13* и *R15*.

В левом (по схеме) положении переключателя *В2* период развертки определяется резонансной частотой контура *L1C6*, а в правом — соответствует удвоенной частоте сети. Развертка с удвоенной частотой сети удобна при наблюде-

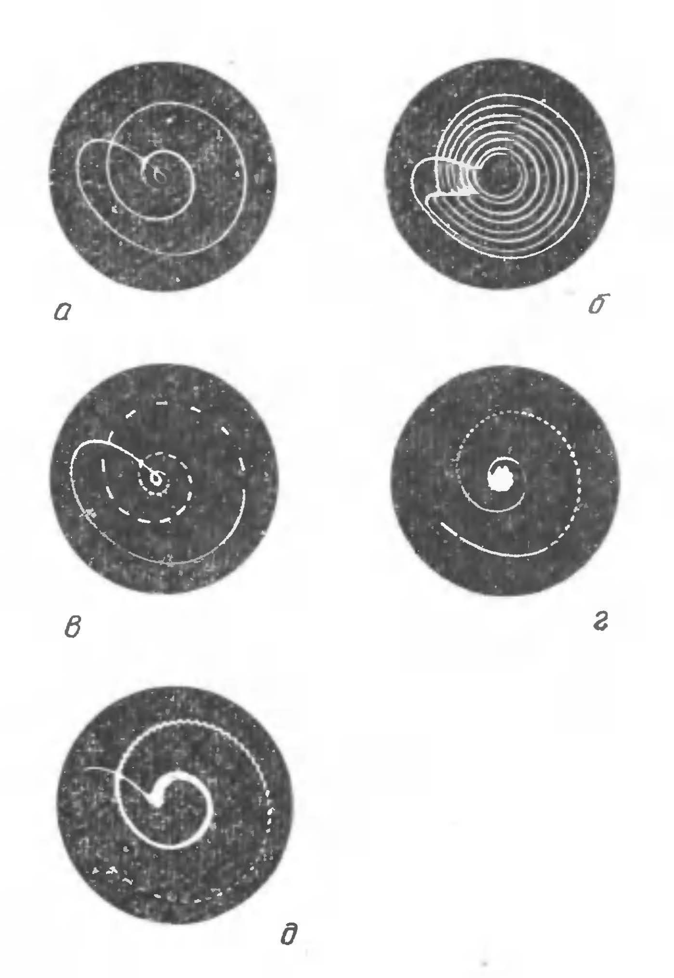


Рис. 5. Осциллограммы спиральной развертки с удвоенной частотой сети: *а* — без меток времени; *б* — при неустойчивой синхронизации блокинг-генератора; *в* и *г* — с яркостными метками времени; *д* — с амплитудными метками времени

нии периодических сигналов, частота которых равна или кратна частоте сети.

На рис. 5 приведены фотографии осциллограмм, полученных при развертке с удвоенной частотой сети (длительность одного витка спирали — 10 *мсек*). На рис. 5, *а* показана развертка без меток времени. На рис. 5, *б* видна раздвоенная линия развертки при неустойчивой синхронизации блокинг-генератора; для восстановления синхронизации в этом случае необходимо несколько изменить сопротивление переменного резистора *R8*. На рис. 5, *в* и *г* приведены осциллограммы развертки с яркостными метками времени,

напряжение которых подавалось на модулирующий электрод трубки от внешнего генератора импульсов меток. На рис. 5, *д* представлена осциллограмма развертки с амплитудными метками времени, напряжение которых подавалось к гнездам *Гн2* генератора спиральной развертки.

Генератор спиральной развертки может применяться для измерения временных интервалов, а также в панорамных приемниках, в анализаторах спектра.

Простейший способ измерения длительности какого-либо процесса заключается в том, что в начале его производится открывание луча трубки, а в конце — закрывание. На экране высвечивается отрезок спирали, по числу витков которого (с учетом и долей витка) можно определить длительность исследуемого процесса. Для этого на экран накладывают прозрачную сетку, образованную радиальными линиями. Например, при делении круга на 50 одинаковых секторов участку спирали между двумя соседними радиусами соответствует интервал времени, равный 0,2 *мсек*. Для измерения таким способом длительности периодических процессов необходимо синхронизировать их с частотой развертки, напряжение которой можно снимать с гнезд разъема. Если это неудобно, то следует, наоборот, синхронизировать развертку исследуемым сигналом, подавая часть его напряжения на гнезда *Гн1*. Наконец, если измерению подлежит длительность непериодического или однократного процесса, то требуется применение осциллографа с электроннолучевой трубкой, обладающей длительным послесвечением экрана (например, 13ЛО36В).

Более точно временные интервалы можно измерить с помощью вспомогательного генератора масштабных меток времени, по числу которых определяют длительность исследуемого процесса.

Генератор спиральной развертки можно использовать для измерения времени срабатывания различных коммутационных приборов: электромагнитных реле, шаговых искателей, магнитных пускателей. Если, например, через соединенные параллельно нормально замкнутые и нормально разомкнутые пары контактов исследуемого реле подавать закрывающее напряжение на модулирующий вывод электроннолучевой трубки осциллографа, то на экране можно будет наблюдать участок спирали, соответствующий интервалам времени между моментами размыкания и замыкания контактов.

В заключение следует добавить, что при необходимости увеличить длительность развертки (увеличить число витков спирали) нужно подобрать конденсатор С 3 бо̀льшей емкости. Однако при числе витков спирали, бо́льшем четырех, на экране может наблюдаться мелькание осциллограммы, для устранения которого потребуется использование электроннолучевой трубки с более длительным послесвечением.

ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Б. ТАТАРКО

Прибор предназначен для наблюдения и исследования формы периодических сигналов, а также для определения их параметров (глубины модуляции, частоты, длительности импульсов и т. п.). Внешний вид прибора показан на рис. 1.

Усилитель вертикального отклонения луча имеет чувствительность 320 *мм/в*. Частотный диапазон 20 *гц* — 2 *Мгц* с неравномерностью частотной характеристики по краям диапазона, равной 1,6 *дб*. При неравномерности частотной

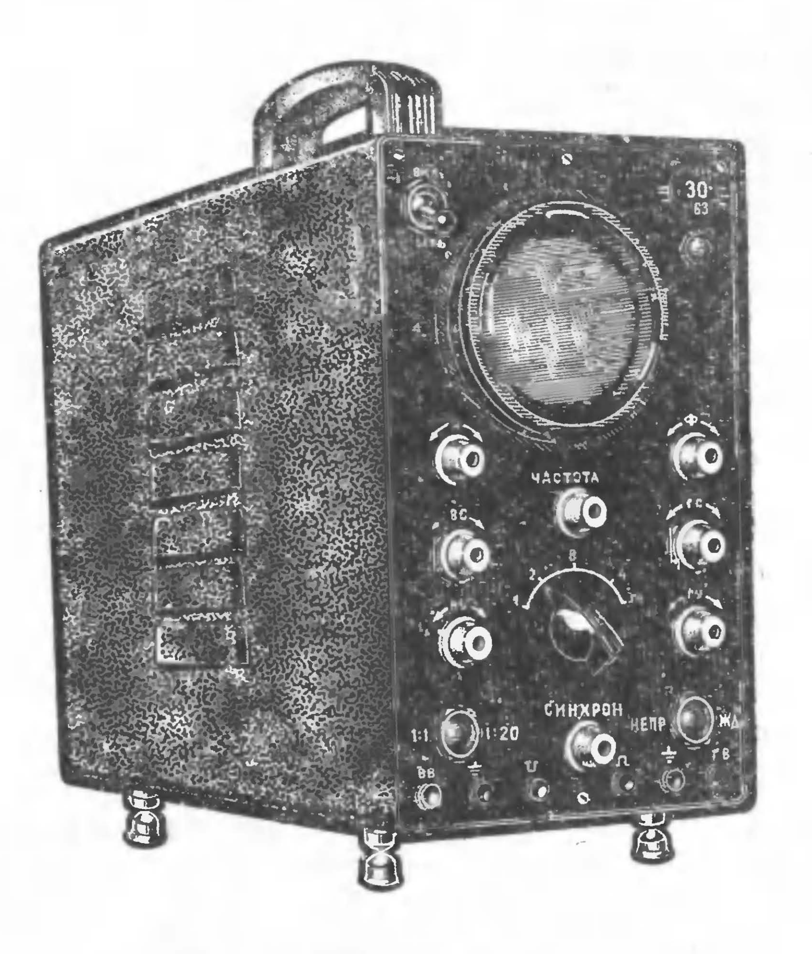


Рис. 1. Внешний вид осциллографа

0 *кгц* при не-
характеристики 3 *дб* верхняя граница диапазкраям диапа-
3,2 *Мгц*. Входное сопротивление — не менее 5е — не менее
ная емкость — не более 30 *пф*.

Чувствительность усилителя горизонталы
ния луча равна 3 *мм/в* в диапазоне 10 *гц* — 5
равномерности частотной характеристики по
зона, равной 3 *дб*. Входное сопротивлени
1 *Мом*.

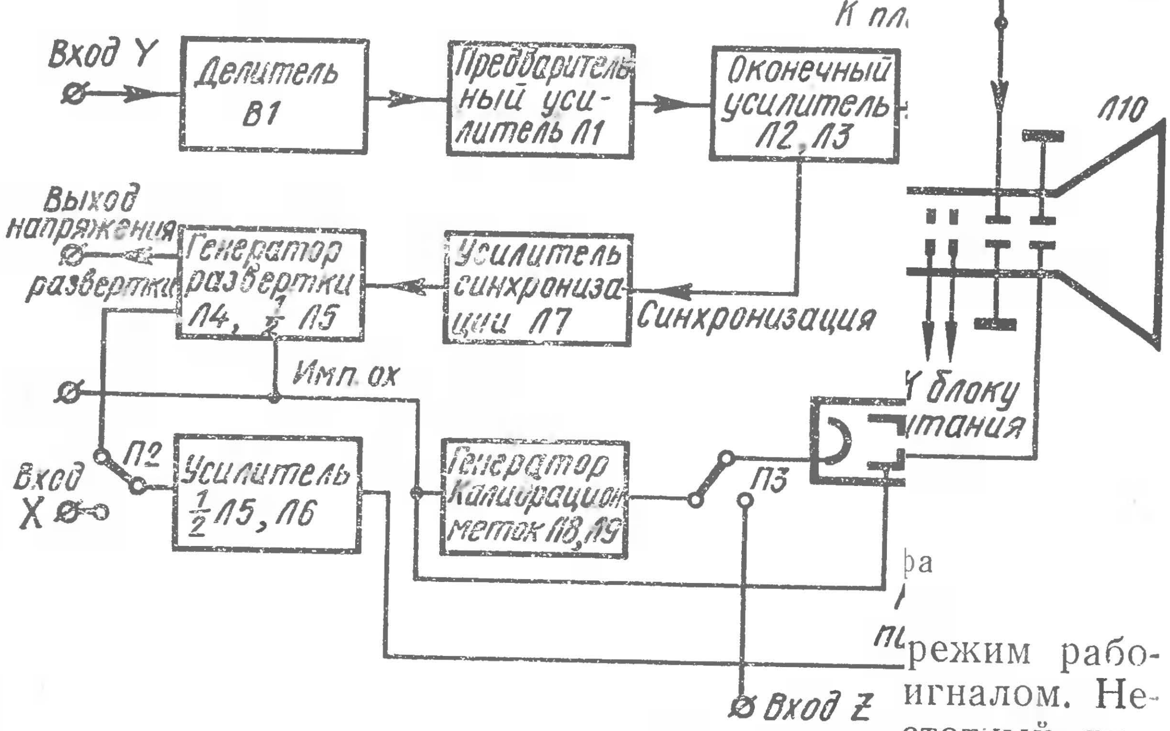


Рис. 2. Функциональная схема осциллограф

ра
режим рабо-
игналом. Не-
стотный диа-
ыре поддиа-
—50 *кгц*.

Генератор развертки имеет непрерывный ибрационных
ты с жесткой синхронизацией исследуемым ск.
линейность развертки не превышает 10%. Чадуемого на-
пазон развертки 10 *гц* — 50 *кгц* разбит на чет пластинам
пазона 6,5—65 *гц*; 55—550 *гц*; 520—5200 *гц*; 5льсов обрат-
Генератор меток обеспечивает выдачу калвам. Это по-
меток с длительностью 1, 10, 100 *мксек* и 1 *мсе*и с другими
Имеется возможность подключения исслеы, электрон-
пряжения непосредственно к отклоняющимда специаль-
трубки, а также напряжения развертки и импуцового пере-
ного хода осциллографа к внешним устройстпитуду иссле-
зволяет использовать осциллограф в сочетании %.
приборами (генератором качающейся частот
ным коммутатором и т. д.) для проведения ря
ных измерений. При наличии источника образ
менного напряжения возможно измерять ампл
дуемого напряжения с точностью не хуже ± 10

она достигает
00 *ком*; вход-
ного отклоне-

Принципиальная схема усилителя вертикального отклонения показана на рис. 3. На входе усилителя включен частотно-компенсированный двухступенчатый делитель напряжения — 1 : 1 и 1 : 20. Равномерность частотной характеристики входного устройства в рабочем диапазоне частот достигается подбором емкости конденсаторов *С1* и *С3*. Первый каскад усилителя собран по схеме катодного повторителя на левой половине лампы *Л1*. Это позволило при высоком входном сопротивлении канала вертикального отклонения использовать низкоомный плавный делитель напряжения на резисторе *R8*.

Конденсаторы *С4*, *С5* и *С10*, *С12*, включенные в катодные цепи ламп, служат для корректировки частотной характеристики усилителя в области высших частот. Для этой же цели в анодную цепь второго каскада (правая половина лампы *Л1*) включена катушка индуктивности *L1*. Резисторы *R4*, *R12* и *R18* в сеточных цепях ламп *Л1*, *Л2* и *Л3* предохраняют усилитель от перегрузки и устраняют возможность его самовозбуждения.

Выходной каскад канала вертикального отклонения — двухтактный, собран на лампах *Л2* и *Л3*. Симметрия плеч выходного каскада достигается с помощью переменного резистора *R16*. Напряжение с анодных нагрузок ламп *Л2* и *Л3* через нормально замкнутые контакты *Р1/1* реле *Р1* подается на вертикально отклоняющие (горизонтальные) пластины электроннолучевой трубки.

Усилитель горизонтального отклонения (его принципиальная схема приведена на рис. 4) собран на правом триоде лампы *Л5* и лампе *Л6*. Первый каскад выполнен по схеме катодного повторителя, второй — парафазного усилителя, аналогичного выходному каскаду канала вертикального отклонения.

Усиленное напряжение развертки с анодных нагрузок лампы *Л6* поступает на горизонтально отклоняющие (вертикальные) пластины электроннолучевой трубки.

Генератор развертки собран на лампах *Л4* и *Л5* (левый триод) по фантастронной схеме с катодным повторителем. Применение фантастрона позволило получить широкий диапазон регулируемых частот и хорошую форму пилообразного напряжения при достаточно простой коммутации времязадающих цепей. Катодный повторитель (левая половина *Л5*) позволяет уменьшить время обратного хода

Питается прибор от сети переменного тока напряжением 220 *в* ± 20%, потребляемая мощность не более 50 *вт*.

Функциональная схема осциллографа приведена на рис. 2.

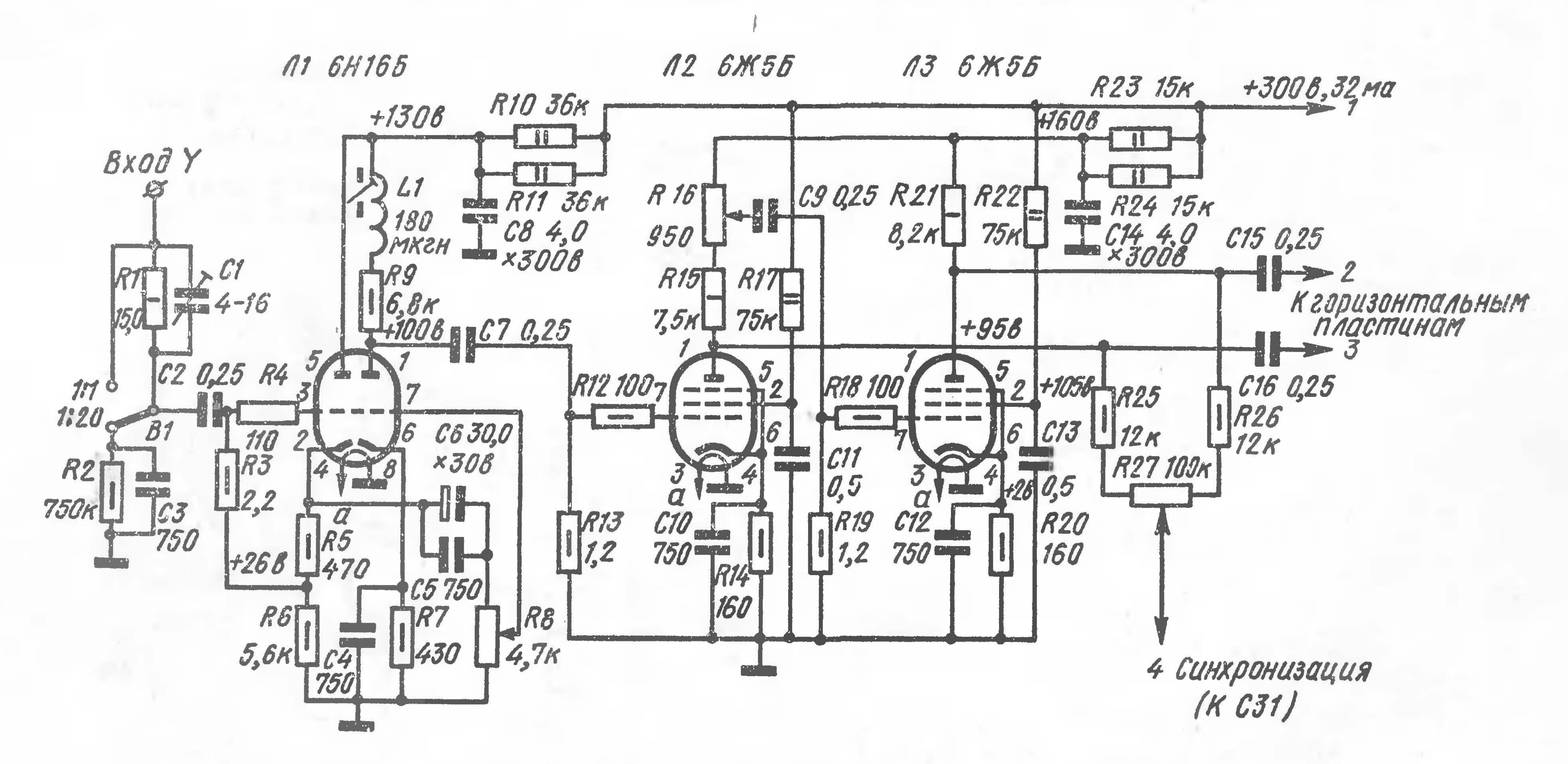


Рис. 3. Принципиальная схема усилителя вертикального отклонения

Рис. 4. Принципиальная схема усилителей горизонтального отклонения и синхронизации и генератора развертки

развертки и расширить диапазон генерируемых колебаний в более высокочастотную область. Генератор развертки синхронизирован исследуемым сигналом, снимаемым с потенциометра *R27*, включенного между анодами ламп *Л2* и *Л3* усилителя вертикального отклонения. При таком способе получения синхронизирующего напряжения обеспечивается независимость его полярности от полярности исследуемых импульсных сигналов. Напряжение сигнала с помощью усилителя-ограничителя на лампе *Л7* преобразуется в прямоугольные импульсы, которые дифференцируются цепочкой *С35*, *R65* и через диод *Д2* поступают на защитную сетку лампы *Л4*. Диод *Д3* замыкает на общий провод положительные импульсы, возникающие при дифференцировании.

Этот способ получения синхронизирующего напряжения исключает ухудшение синхронизации на низких частотах из-за малой крутизны фронтов исследуемых сигналов. Уровень синхронизации можно регулировать резистором *R27*.

С помощью резистора *R32* устанавливают нижнюю границу частоты развертки на первом поддиапазоне. Резистор *R31* определяет верхнюю граничную частоту развертки на четвертом поддиапазоне. Частоту колебаний генератора развертки можно изменять грубо с помощью переключателя *В2* и плавно в пределах каждого поддиапазона резистором *R29*.

С экранной сетки лампы *Л4* генератора развертки отрицательные импульсы через цепочку *С22—R38—Д1* поступают на модулирующий электрод трубки для гашения обратного хода луча развертки. Кроме того, импульсы обратного хода используются для запуска генератора калибрационных меток. В приборе предусмотрены выходы импульсов генератора калибрационных меток и генератора развертки.

Генератор калибрационных меток (рис. 5), работающий по принципу «ударного» возбуждения контура, собран на лампах *Л8* и *Л9*. Каскад на левом триоде лампы *Л8* представляет собой инвертор импульсов обратного хода развертки. Правый же триод лампы *Л8* и левый лампы *Л9* используются в собственно генераторе калибрационных меток. В исходной позиции правый триод лампы *Л8* закрыт положительным напряжением, подаваемым на его катод с делителя *R73—R74*. При воздействии на сетку лампы положительного импульса она открывается, и в одном из контуров *(L2,С39—L5,С42)*, включенных в ее катодную цепь, возникают затухающие колебания. Время затухания колебаний устанавливается с помощью положительной обрат-

ной связи, регулируемой резистором *R79*, ось которого выведена «под шлиц». На правом триоде лампы *Л9* собран усилитель калибрационных меток. Постоянство амплитуды меток независимо от их длительности обеспечивается включением в анодную цепь триода корректирующих элементов *L6, С47*. Напряжение меток с выхода усилителя поступает на катод электроннолучевой трубки.

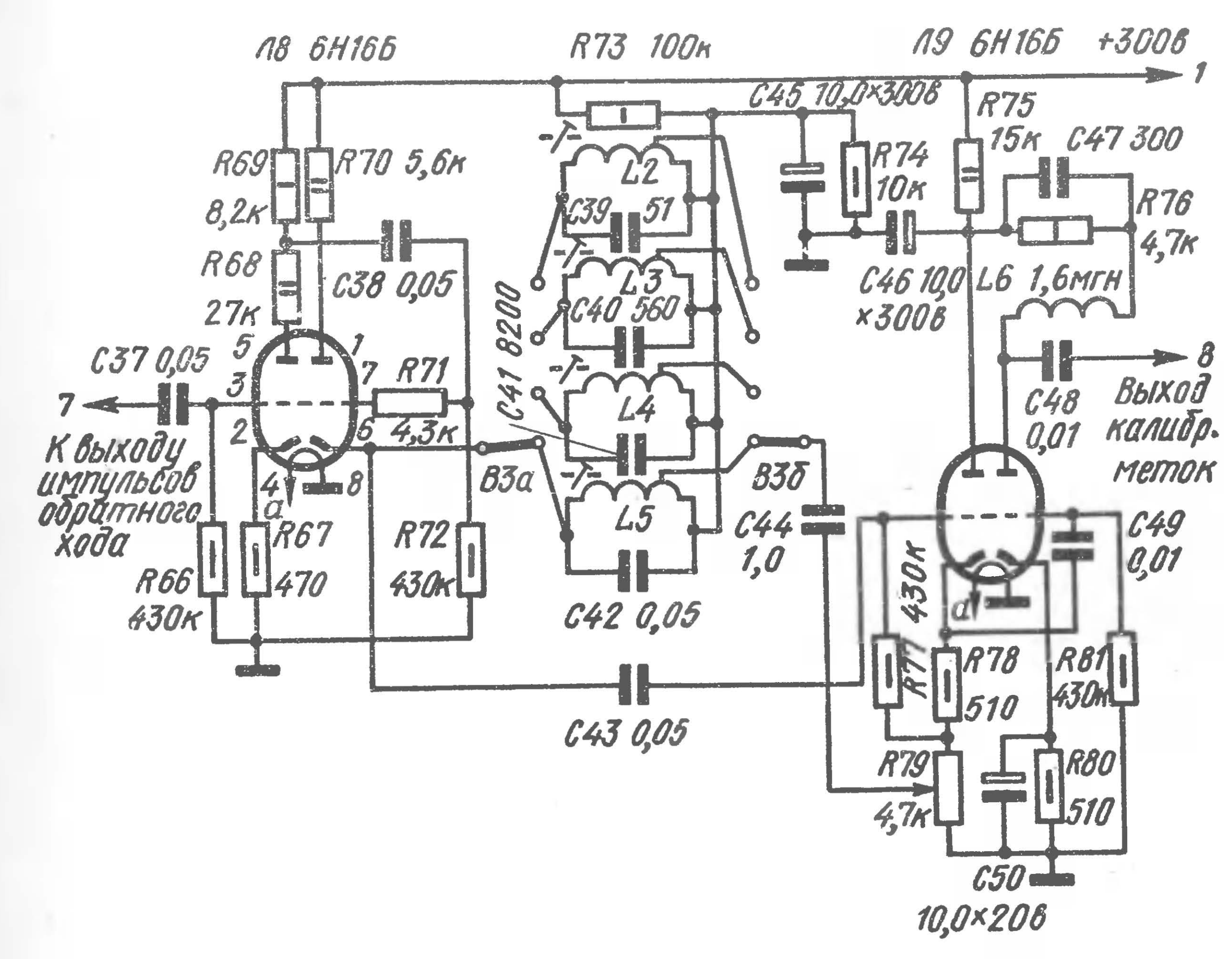


Рис. 5. Принципиальная схема генератора калибрационных меток

Принципиальная схема блока питания осциллографа приведена на рис. 6. Низковольтный выпрямитель собран по однополупериодной схеме на диодах *Д4* и *Д5*. Выпрямленное напряжение сглаживается фильтром, состоящим из конденсаторов *С52, С53* и дросселя *Др1*. Выходное напряжение выпрямителя под нагрузкой около 300 *в*.

Высокое напряжение для питания электродов трубки образуется в результате подключения последовательно к основному анодному выпрямителю дополнительного выпрямителя, собранного по схеме удвоения напряжения на диодах *Д6—Д9* и конденсаторах *С51, С54*. Цепочки *R84, С55* и *R85, С56* служат сглаживающими фильтрами в цепи питания трубки.

Рис. 6. Принципиальная схема блока питания осциллографа

Яркость изображения регулируют резистором *R90*, фокусировку луча — резистором *R88*. Сдвиг изображения на экране трубки в вертикальном и горизонтальном направлениях производят резисторами *R93* и *R94*. Обмотка реле *Р1* питается от однополупериодного выпрямителя, собранного на диоде *Д10*; фильтром служит цепочка *R99*, *С61*.

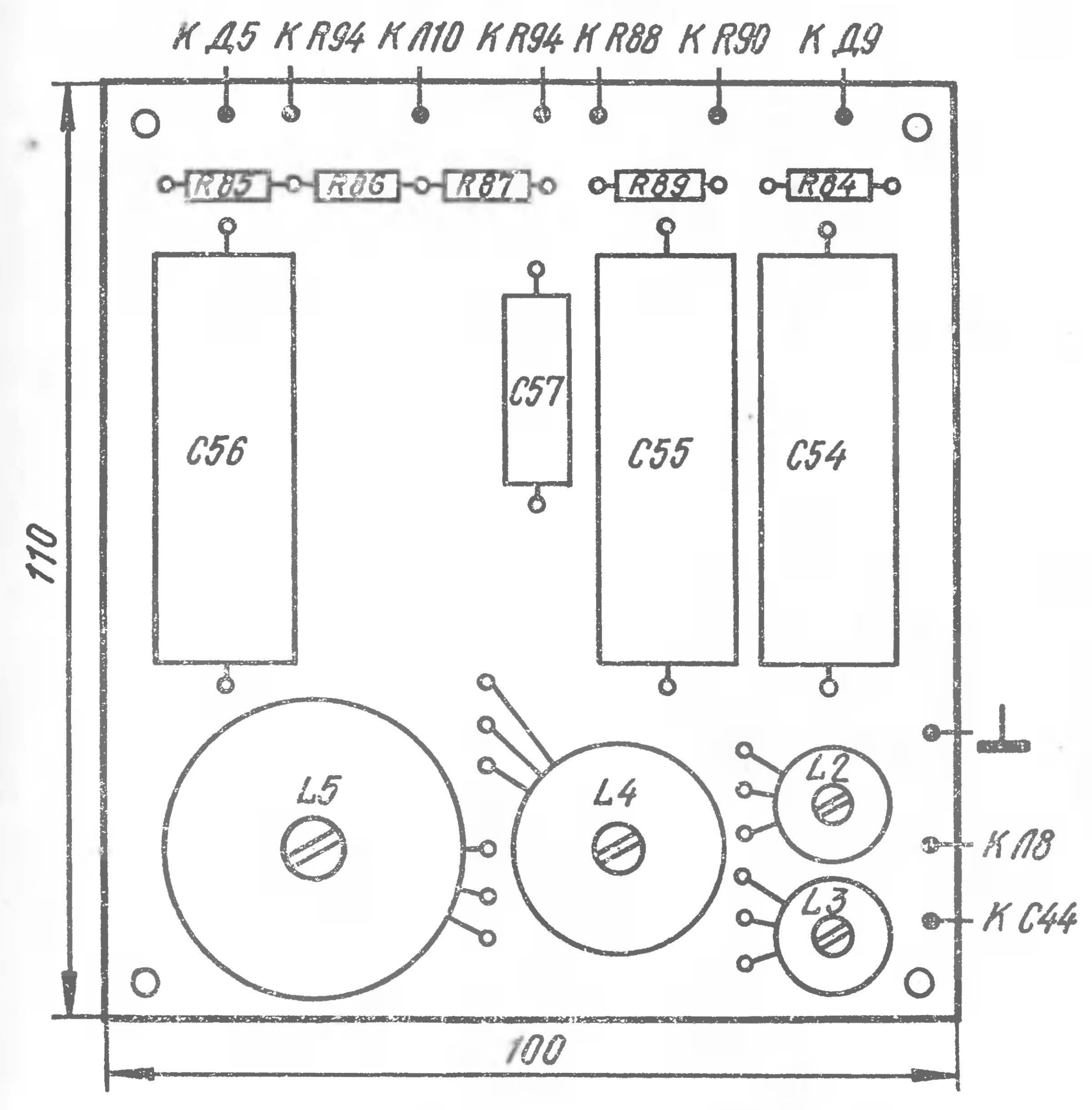


Рис. 7. Расположение деталей на вспомогательной вертикальной монтажной плате

В осциллографе предусмотрен выход с контрольным напряжением порядка 5 *в* (50 *гц*), которое снимается с резистора *R83*, включенного параллельно накальной обмотке трансформатора. Это напряжение используют для измерения амплитуды исследуемого сигнала.

Прибор смонтирован на каркасе из дюралюминиевых уголков 10×10 *мм*. Каркас крепят к передней панели. В задней части каркаса установлены трансформатор *Тр1*

и выпрямители с фильтрами. Блок питания заключен в экран из мягкой листовой стали толщиной 0,5 *мм*.

Передняя панель размерами 126×212 *мм* выполнена из дюралюминия толщиной 2 *мм*. Все надписи на передней панели выполнены фотоспособом и закрыты пластиной из органического стекла толщиной 1 *мм*. На расстоянии 50 *мм* от передней панели внутри каркаса расположена вспомогательная вертикальная панель (размерами 100×110×2 *мм*,

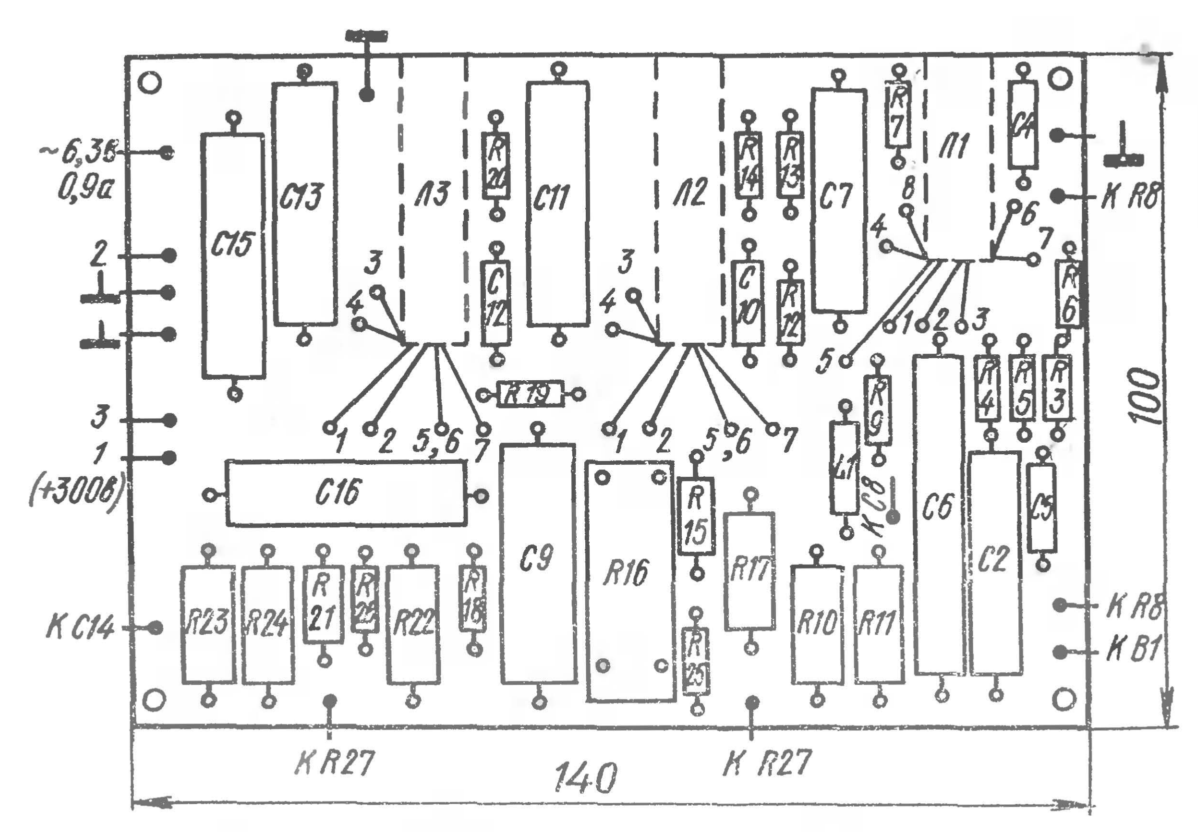


Рис. 8. Расположение деталей на монтажной плате усилителя вертикального отклонения луча

см. рис. 7) из гетинакса, на которой смонтированы элементы делителя цепи питания трубки, а также контуры генератора калибрационных меток.

В отсеке между передней и вспомогательной панелями установлены переключатель диапазонов развертки *В2* типа 5П4Н со смонтированными на нем конденсаторами *С17—С20*, потенциометры, тумблеры, зажимы, а также переключатель калибрационных меток *В3* типа 5П2Н.

Входной делитель *R1, С1* и *R2, С3* собран на переключателе *В1*, в качестве которого использован обычный тумблер.

В задней части каркаса размещена плата с зажимами для вывода напряжения развертки и импульсов обратного хода, предохранитель, отверстие для шнура питания, вход *«Пластины»* и тумблер переключения режимов *«Усилитель»—«Пластины»*. Большинство элементов осциллографа

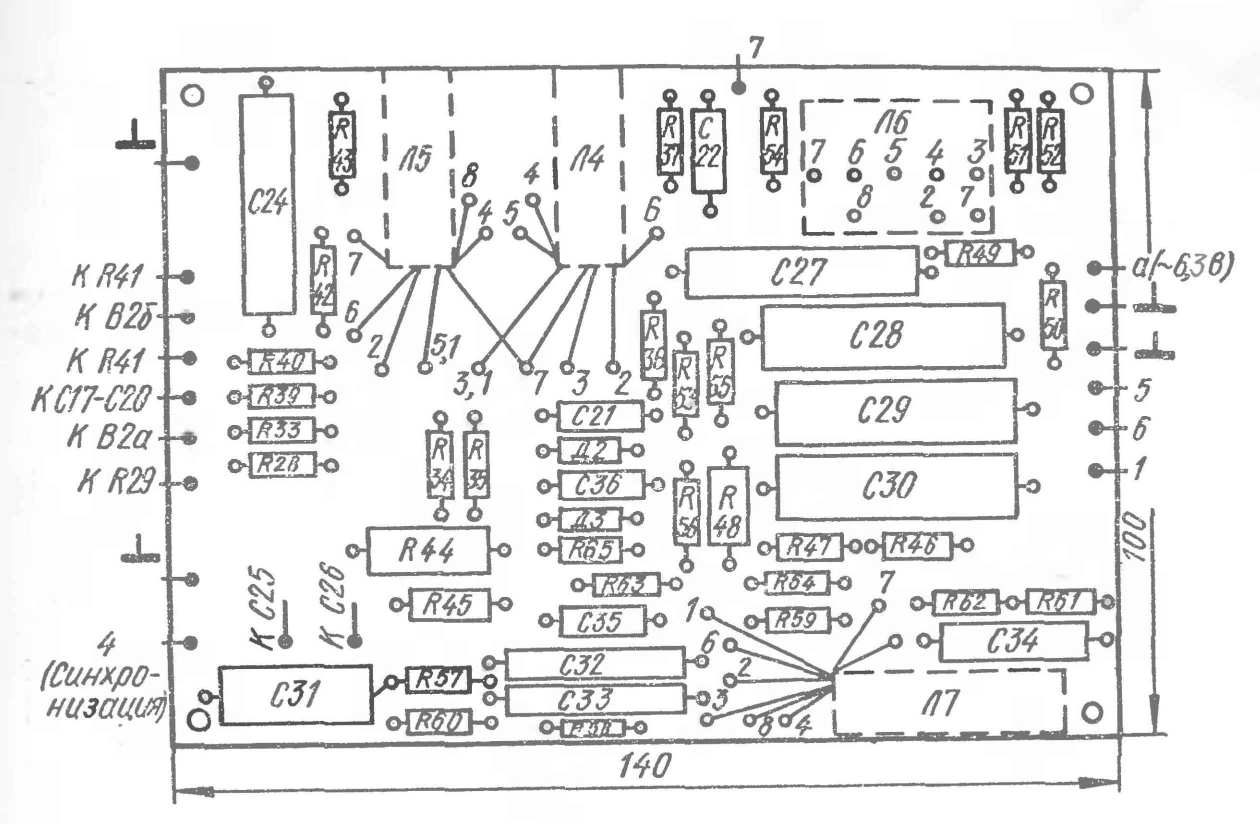


Рис. 9. Расположение деталей на монтажной плате усилителей горизонтального отклонения луча и синхронизации и генератора развертки

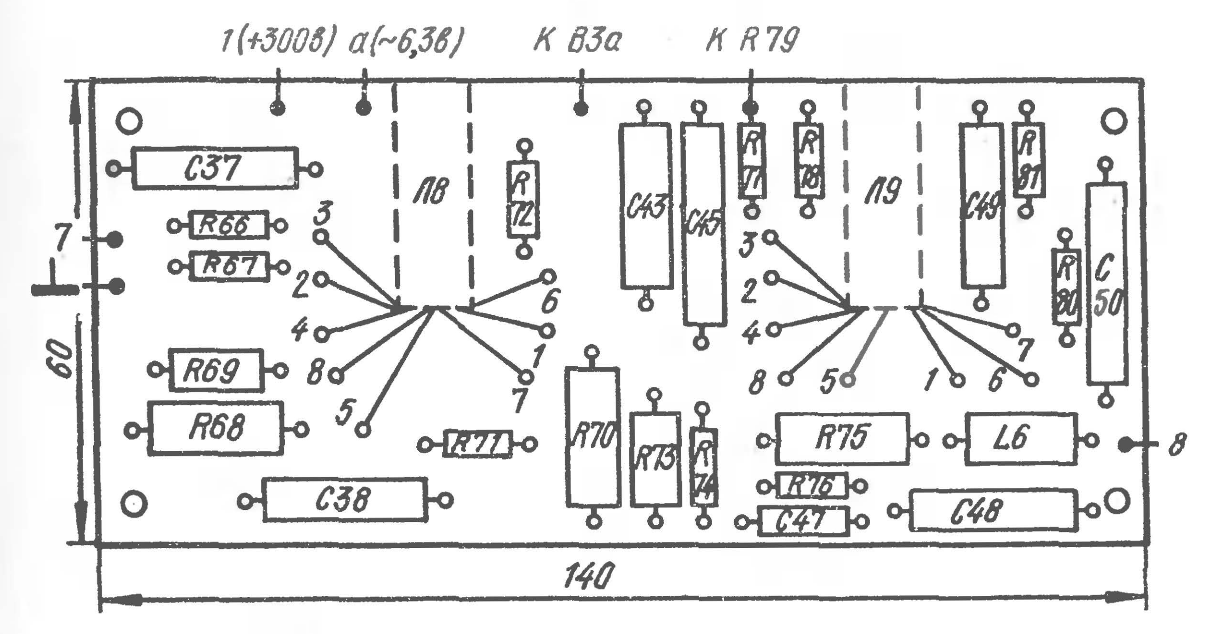


Рис. 10. Расположение деталей на горизонтальной плате (плата генератора калибрационных меток)

смонтировано на двух вертикальных и одной горизонтальной платах, укрепленных на каркасе. На вертикальных платах размерами 100×140 *мм*, установленных по обе стороны трубки и выполненных из гетинакса толщиной 1,5 *мм*, смонтированы: на одной — усилитель вертикального отклонения (рис. 8), а на второй — генератор развертки, усилитель синхронизации и усилитель горизонтального отклонения (рис. 9). На горизонтальной плате (рис. 10)

смонтирован генератор калибрационных меток. Все платы выполнены печатным способом. Разметка плат приведена для случая использования в приборе миниатюрных ламп серии Б, резисторов МЛТ, конденсаторов МБМ (или «Тесла») и КСО, миниатюрных переменных резисторов.

Для защиты от воздействия магнитных полей электроннолучевая трубка помещена в цилиндрический стальной цилиндр, снабженный спереди выдвижным тубусом. На экран трубки наложен съемный прозрачный круг из органического стекла с нанесенной на него масштабной сеткой.

Трансформатор *Тр1* намотан на сердечнике из пластин УШ20 с толщиной набора 35 *мм*. Намоточные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обмотка	Число витков	Провод
I	1180	ПЭВ-2 0,41
II	1440	ПЭВ-2 0,23
III	37	ПЭВ-1 1,4
IV	36	ПЭВ-1 0,6
V	110	ПЭВ-1 0,12

Обмотка накала трубки должна быть изолирована несколькими слоями лакоткани. Дроссель фильтра *Др1* выполнен на ленточном сердечнике сечением 8×8 *мм* и имеет 1500 витков провода ПЭВ-2 0,23. Толщина зазора 0,2 *мм*.

Данные катушек генератора калибрационных меток приведены в табл. 2.

Таблица 2

Катушка	Сердечник	Число витков	Провод	Отвод от витка	Примечание
L5	СБ-5	4000	ПЭВ-1 0,1	1000	Отвод отсчитывается от заземленного вывода катушки
L4	СБ-3	1000	ПЭВ-1 0,12	300	
L3	СБ-1	150	ПЭВ-1 0,1	50	
L2	СБ-1	100	ПЭВ-1 0,12	30	

Осциллограф помещен в дюралюминиевый кожух, покрытый «молотковой» эмалью. Размеры прибора 126×212×280 *мм*, вес около 5 *кг*.

Налаживание прибора начинают с контроля питающих напряжений. Если они соответствуют указанным на схеме, то подают питание сначала только на электроннолучевую трубку и приступают к регулировке системы управления электронным лучом. Поочередно вращая по часовой стрелке ручки *«Яркость»*, *«Фокусировка»*, *«Смещение по Y»*, *«Смещение по X»*, проверяют, как изменяются при этом яркость и размер пятна и как перемещается луч по экрану трубки. При необходимости подбирают резисторы *R87* и *R89* так, чтобы при среднем положении ручек хорошо сфокусированное пятно находилось в центре экрана.

Затем приступают к настройке генератора развертки, предварительно подав на него питание. Настройка генератора сводится к выбору границ частотных диапазонов. При этом соседние диапазоны должны обязательно иметь некоторое перекрытие по частоте. Подбирая резистор *R31* и конденсатор *C17*, устанавливают высшую частоту самого высокочастотного диапазона. Резистор *R29* (*«Частота плавно»*) должен быть установлен в положение, соответствующее максимальной частоте. Остальные диапазоны настраиваются аналогично.

Каскад усиления синхросигнала, а также цепи гашения обратного хода луча обычно регулировки не требуют.

Настройка усилителя горизонтального отклонения сводится к подбору сопротивления резистора *R46* для обеспечения равенства выходных напряжений, снимаемых с обоих триодов лампы *Л6*.

Настройку усилителя вертикального отклонения начинают с входного делителя, коэффициент деления которого подбирают конденсаторами *C1* и *C3*. Коэффициент деления напряжения во всей полосе пропускания усилителя должен быть постоянным. Резистором *R16* добиваются равенства выходных напряжений, снимаемых с ламп *Л2* и *Л3*.

При необходимости снимают частотную характеристику и определяют чувствительность усилителей. Методика налаживания усилителей была подробно описана в журнале «Радио» и в радиотехнической литературе.

Настройка генератора калибрационных меток сводится к выбору режима правого триода лампы *Л8* и настройке контуров ударного возбуждения на частоты, соответствующие определенным длительностям меток. Режим устанавливают подбором резистора *R74* так, чтобы при отсутствии импульсов обратного хода лампа была закрыта. Настройку контуров производят сердечниками катушек *L2—L5*, а в случае необходимости — подбором конденсаторов *C39—C42*. Частоты настройки контуров приведены в табл. 3.

Таблица 3

Контур	Длительность метки, *мксек*	Частота настройки, *кгц*
L5,C42	1000	1
L4,C41	100	10
L3,C40	10	100
L2,C39	1	1000

Потенциометром *R79* подбирают глубину положительной обратной связи так, чтобы калибрационные метки имели одинаковую яркость в начале и в конце развертки.

Контрольное напряжение подбирают резистором *R83*. Амплитуда напряжения должна быть равна 5 *в*. При этом следует помнить, что вольтметры градуированы в эффективных значениях напряжения и поэтому их показания следует увеличить в 1,42 раза.

Описываемый осциллограф был настроен с помощью приборов Ц-20, ЗГ-12, ГСС-6 и СИ-1.

ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИВИБРАТОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ

В. ТИТОВ

В производственной и радиолюбительской практике иногда возникает потребность в малогабаритных простых устройствах для измерения малых емкостей и различных неэлектрических величин посредством емкостных датчиков. Для этих целей иногда бывает удобно применять транзисторные мультивибраторы, называемые по выполняемой функции измерительными мультивибраторами.

На рис. 1 приведена схема измерителя емкости в пределах от 0 до 50 *пф*.* Измеритель работает следующим образом. Симметричный мультивибратор, собранный на транзисторах *T1* и *T4*, генерирует прямоугольные импульсы напряжения. Эмиттерные повторители, выполненные на транзисторах *T2* и *T3*, усиливают по току эти импульсы и одновременно согласуют довольно высокое выходное сопротивление мультивибратора с низкоомной нагрузкой — микроамперметром *ИП1*, подключенным по балансной схеме к эмиттерам транзисторов *T2, T3*. Измеряемый конденсатор или емкостный датчик подключают параллельно конденсатору обратной связи *C1* к зажимам «C_x». При этом изменяется скважность генерируемых мультивибратором импульсов и соответственно средний ток, протекающий через микроамперметр.

* Влагомер для древесины, собранный по этой схеме, был удостоен бронзовой медали ВДНХ.

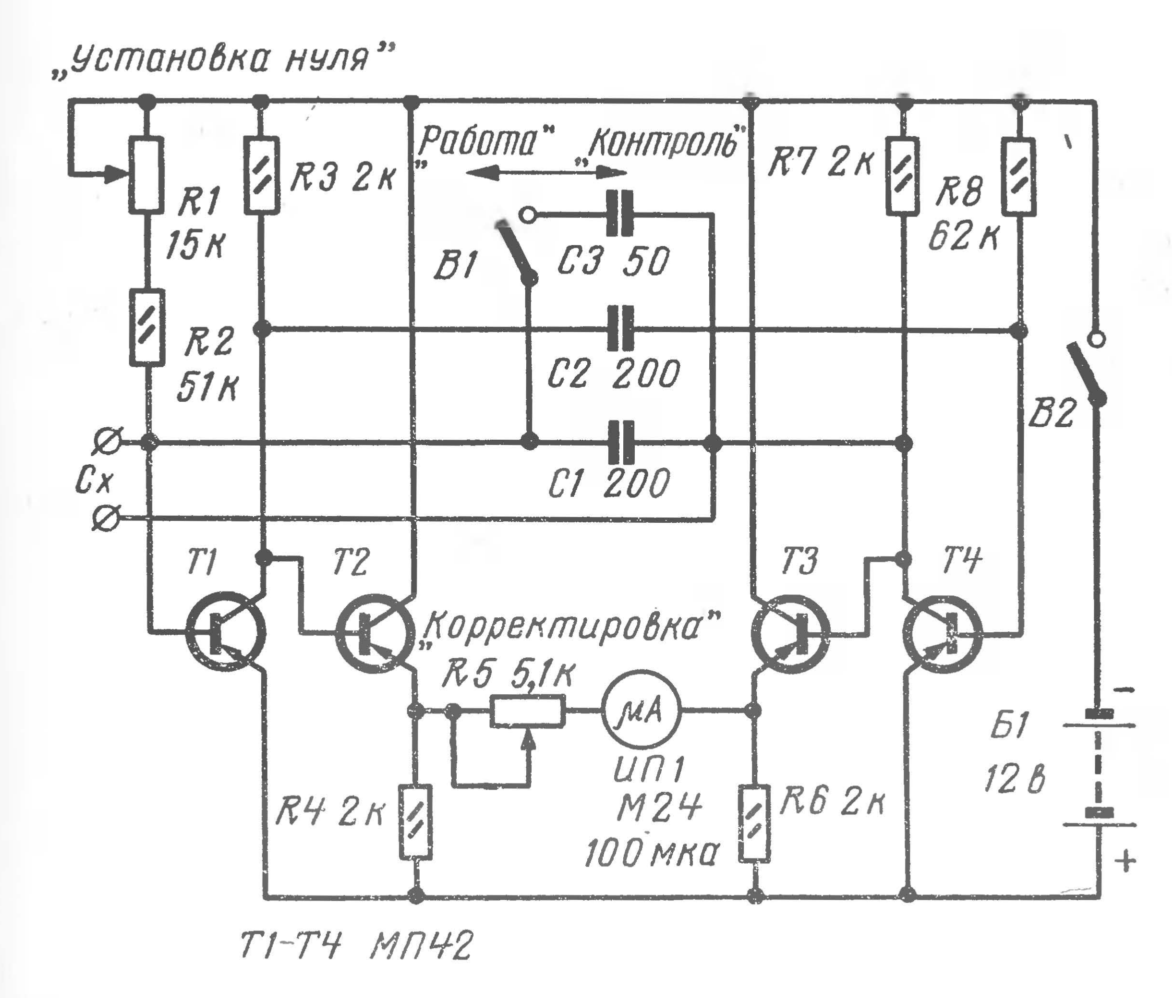


Рис. 1. Принципиальная схема измерителя емкости в пределах 0—50 *пф*

Измерения емкостей производят следующим образом. Выключатель *B1* переводят в положение *«Работа»*. Измеряемый конденсатор должен быть отключен. После включения прибора, вращая движок переменного резистора *R1*, устанавливают стрелку микроамперметра *ИП1* на нулевое деление шкалы. Затем выключатель *B1* ставят в положение *«Контроль»* (при этом к зажимам «C_x» будет присоединена образцовая емкость *C3*) и переменным резистором *R5 «Корректировка»* устанавливают стрелку прибора на последнее деление шкалы (100 *мка*). Затем *B1* вновь переводят в положение *«Работа»*, подключают к зажимам «C_x» измеряемый конденсатор и по шкале микроамперметра отсчиты-

вают величину измеряемой емкости. Шкалу можно либо проградуировать непосредственно в пикофарадах, либо построить градуировочный график перевода числа делений шкалы в пикофарады. Шкала измерителя — линейная.

Измеритель емкости при исправности всех деталей практически не требует налаживания. Необходимо лишь проверить коэффициент усиления транзисторов и выполнить

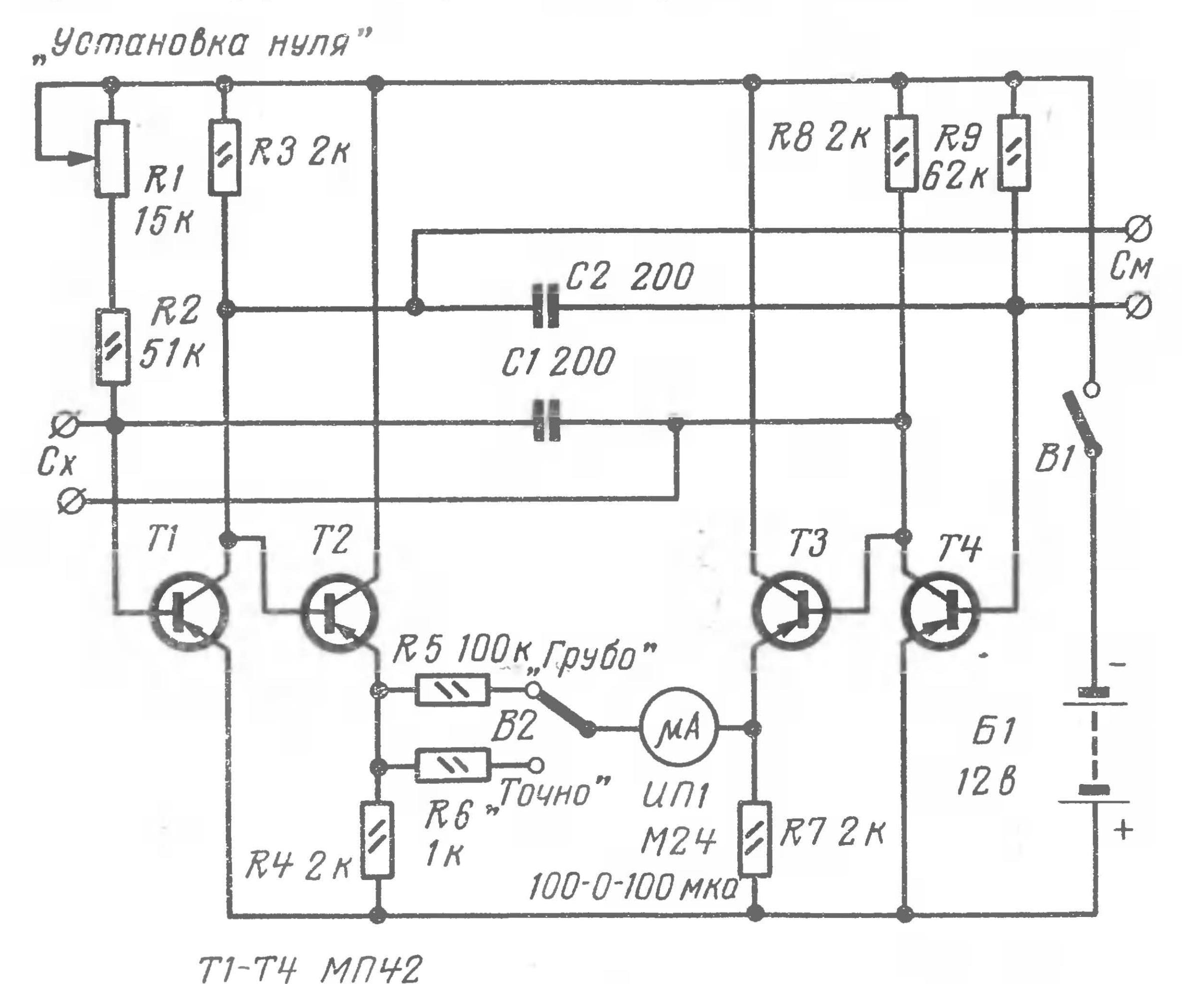


Рис. 2. Принципиальная схема измерителя с магазином емкостей

условия: $R3=R7$; $R8=B_{ст}\cdot R7$, где $B_{ст}$ — коэффициент усиления по току транзисторов *T1—T4*.

Для расширения диапазона измерения емкостей необходимо увеличить сопротивление резистора *R5* и емкость конденсатора *C3*. При этом максимальная измеряемая емкость будет равна емкости конденсатора *C3*. Например, при $C3=2000$ *пф* и $R5=30$ *ком* наибольшая измеряемая емкость будет равна 2000 *пф*. Однако в этом случае шкала будет нелинейной. Линейный характер шкалы сохранится лишь до 50 *пф*.

При желании расширить диапазон измеряемых емкостей до 1 *мкф* придется разбить его на три поддиапазона: 0—1000 *пф*; 0—0,1 *мкф*; 0—1 *мкф*, с соответствующей коммутацией конденсаторов *C1* и *C2*. На каждом поддиапазоне должно выполняться условие $C1=C2$. Максимальная измеряемая емкость в каждом поддиапазоне, при которой сохраняется линейность шкалы микроамперметра, равна $0{,}2\cdot C1$.

Преимуществом мультивибраторного измерителя емкости является отсутствие элементов, которые необходимо подгонять и настраивать (например, колебательные контуры), и то, что он не требует температурной стабилизации, поскольку транзисторы работают в ключевом режиме.

Для увеличения точности и расширения диапазона измеряемых емкостей без разбивки его на поддиапазоны можно применить мультивибраторный мост, принципиальная схема которого приведена на рис. 2. В отличие от измерителя по схеме рис. 1, где применен метод количественной оценки измеряемой величины, здесь измеряемые емкости сравниваются с образцовым магазином емкостей, на лимбе которого прочитывают результат измерений.

Мост состоит из мультивибратора, подобного предыдущему, и таких же эмиттерных повторителей. Постоянная составляющая тока, протекающего через микроамперметр *ИП1*, пропорциональна разности длительностей прямоугольных импульсов, действующих на коллекторах транзисторов *T1* и *T4*. Длительность импульса на коллекторе транзистора *T1* $\tau_{имп1}\approx 0{,}7\cdot(R1+R2)\cdot(C1+C_х)$, а на коллекторе транзистора *T4* $\tau_{имп2}\approx 0{,}7\cdot R9\cdot(C2+C_м)$, где $C_х$ — измеряемая емкость, а $C_м$ — емкость магазина. Средний ток, протекающий через микроамперметр и пропорциональный разности $\tau_{имп1}$ и $\tau_{имп2}$, будет равен нулю только в случае, когда $C_x=C_м$, поэтому отсчет величины C_x можно производить по лимбу магазина емкостей.

Измерение емкости производят следующим образом. К гнездам $C_м$ подключают магазин емкостей (например, типа Р513), установленный на нулевые деления. Тумблером *B1* подключают источник питания. Переключатель *B2* устанавливают в положение *«Грубо»*. При помощи переменного резистора *R1* «Установка нуля» совмещают стрелку микроамперметра с нулевым делением шкалы. Затем переключатель *B2* переводят в положение *«Точно»* и проделывают ту же операцию. Это необходимо для исключения влияния на результат измерений начальной емкости магазина и емкости подводящих проводников.

Затем к гнездам подключают измеряемый конденсатор (переключатель *B2* перед этим снова переводят в положение *«Грубо»*). Вращая рукоятки магазина емкостей, добиваются нулевого показания микроамперметра сначала в по-

ложении переключателя *В2 «Грубо»*, а затем — *«Точно»* и отсчитывают результат измерения по лимбам магазина емкостей.

Диапазон измерения емкостей мостового измерителя составляет 0—1 *мкф*. Погрешность измерений не более 0,5% от измеряемой величины. Преимущество мультивибраторного моста перед мостами переменного тока — в его простоте и малой стоимости, а также отсутствии катушек индуктивности. В случае, если у радиолюбителя нет магазина емко-

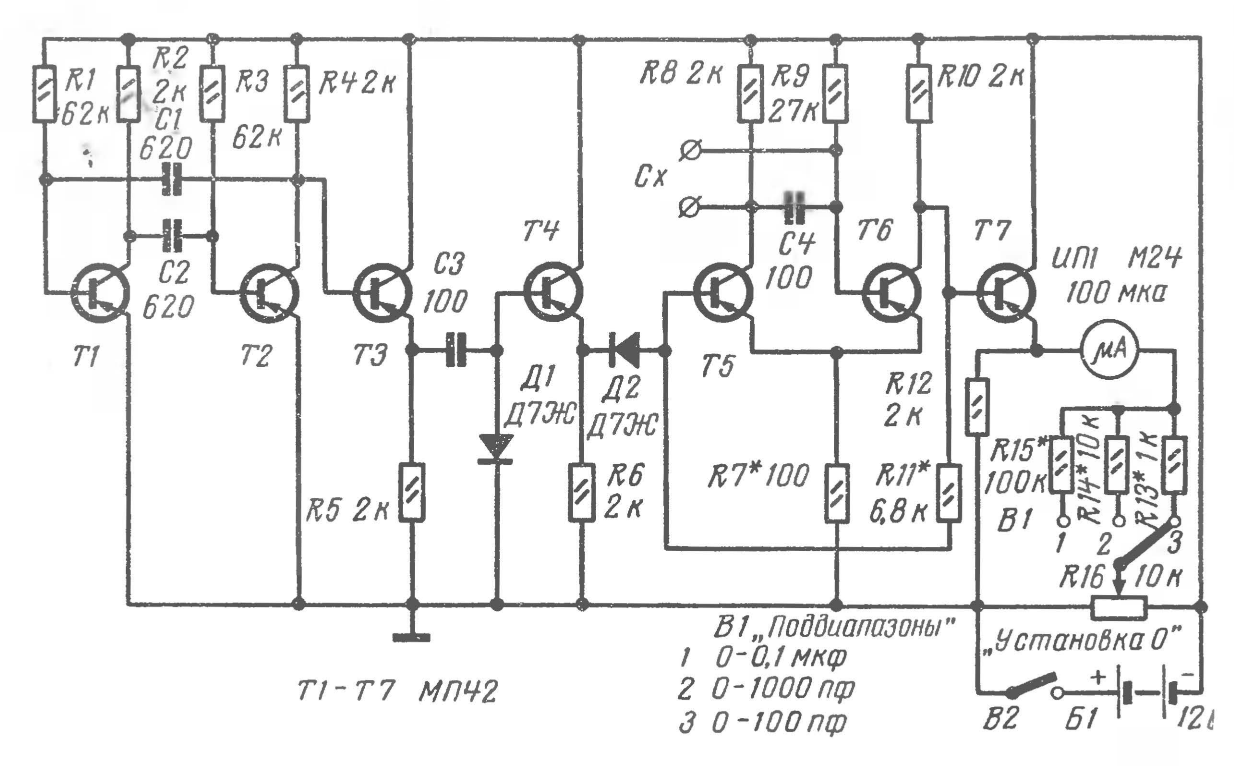


Рис. 3. Принципиальная схема измерителя емкости в пределах 0—0,1 *мкф*

стей, можно использовать заранее проградуированный конденсатор переменной емкости. Для измерения больших емкостей к нему необходимо параллельно подключать дополнительные конденсаторы, имеющие точность не хуже 2÷5%. Погрешность измерений в этом случае несколько возрастает. В качестве *ИП1* применен микроамперметр М24 с нулем посередине шкалы.

Для получения строго линейной зависимости между емкостью и величиной среднего тока, протекающего через микроамперметр, во всем диапазоне 0—1 *мкф*, а также для линейного преобразования изменения емкости в постоянное напряжение можно использовать измеритель, основанный на применении измерительного ждущего мультивибратора. Принципиальная схема такого измерителя приведена на рис. 3. Он работает следующим образом. Мультивибратор, выполненный на транзисторах *Т1, Т2,* генерирует прямо-

угольные импульсы напряжения, частота следования которых около 20 *кгц*. Эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе *Т3,* усиливает эти импульсы по току. Цепочкой *С3, Д1* они дифференцируются, в результате чего на выходе второго эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе *Т4,* образуются короткие отрицательные импульсы. Положительные выбросы дифференцированных импульсов замыкаются диодом *Д1.*

Ждущий измерительный мультивибратор, выполненный на транзисторах *Т5* и *Т6*, запускается импульсами, поступающими на базу транзистора *Т5* через диод *Д2,* и генерирует прямоугольные импульсы с частотой 20 *кгц*. Эти прямоугольные импульсы с выхода ждущего мультивибратора поступают на вход эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе *Т7.* Усиленные по мощности импульсы подаются на микроамперметр *ИП1.*

Измеряемая емкость C_x является частью времязадающей цепи ждущего мультивибратора. При изменении емкости C_x меняется длительность импульсов на выходе мультивибратора, а значит, и их скважность. В результате изменяется и средний ток, протекающий через микроамперметр. Зависимость между постоянной составляющей тока микроамперметра и измеряемой емкостью в описываемом измерителе линейная, что и является его основным преимуществом.

Во всех трех измерителях использованы транзисторы МП42 с коэффициентом усиления по току $B_{ст}=30$. Источник питания — три соединенные последовательно батареи 3336Л (КБС-Л-0,5) с общим напряжением около 12 *в*.

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ОТ ПЕРЕГРУЗОК

И. ШАБЕЛЬНИКОВ

Известно, что токовые перегрузки электроизмерительного прибора вызывают серьезные нарушения работы его стрелочного измерительного механизма, в котором электрический ток преобразуется в соответствующее механическое усилие, отклоняющее стрелку. Например, чрезмерные перегрузки приборов магнитоэлектрической системы могут привести к перегоранию провода подвижной рамки измерителя, обрыву нитей подвеса рамки, искривлению или поломке стрелки, нарушению балансировки. Поэтому защита

приборов от токовых перегрузок является актуальной задачей. Описываемый способ защиты измерительных приборов заключается в том, что непосредственно к выводам измерительного механизма подключают в прямом направлении *p-n*-переход полупроводникового прибора. При таком включении переход шунтирует прибор, причем степень шунтирования зависит от падения напряжения на рамке прибора, то есть от прямого напряжения $U_{пр}$, приложенного к переходу. На рис. 1 приведена схема защиты микроамперметра *ИП1* включением полупроводникового диода *Д1*, а на рис. 2

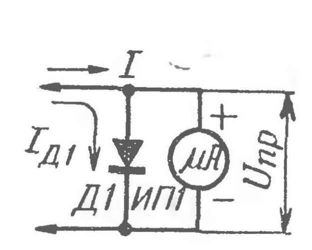


Рис. 1. Схема защиты прибора одним диодом

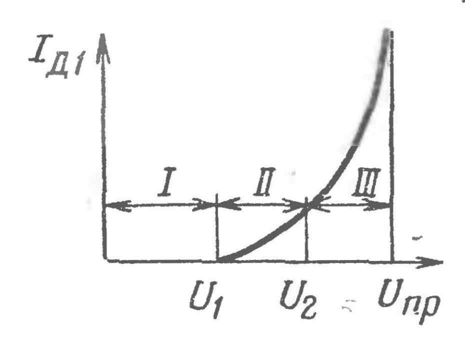


Рис. 2. Начальный участок вольтамперной характеристики диода

изображен начальный участок вольтамперной характеристики этого диода. Участок условно разделен на три зоны *I, II, III*. В зоне *I* прямое напряжение $U_{пр}$, приложенное к диоду, таково, что ответвляющийся через него ток $I_{д1}$ (см. рис. 1) пренебрежимо мал по сравнению с общим током *I*, поэтому показания прибора соответствуют протекающему в общей цепи току *I*. В зоне *II* прямое сопротивление диода *Д1* уменьшается, и он начинает частично шунтировать прибор. В зоне *III* прямое сопротивление диода резко падает, и поэтому дальнейшее увеличение напряжения приводит лишь к увеличению тока $I_{д1}$ через диод. Начиная с некоторого значения напряжение $U_{пр}$ практически не увеличивается и тем самым исключаются чрезмерные перегрузки прибора. Таким образом, рабочей зоной измерений является зона *I*. Из сказанного выше вытекают следующие общие требования к защитному диоду. Во-первых, всегда должно выполняться условие $U_1 \geqslant U_0$, где U_0 — напряжение, при котором стрелка прибора отклоняется на всю шкалу. Во-вторых, крутизна вольтамперной характеристки прямой ветви диода должна быть возможно большей. В-третьих, диод должен выдерживать определенный ток, соответствующий максимально возможному току перегрузки.

Как показывает практика, большинство приборов целесообразнее шунтировать плоскостными выпрямительными диодами, имеющими высокую крутизну вольтамперной характеристики прямой ветви. Для защиты от перегрузок наиболее чувствительных приборов, например микроамперметров и миллиамперметров магнитоэлектрической системы, необходимо применять кремниевые диоды, прямое сопротивление которых в зоне *I* значительно больше сопротивления R_0 рамки прибора. Для защиты более грубых приборов могут быть использованы германиевые плоскостные диоды.

Выбор типа диода следует начинать, задавшись допустимой погрешностью измерения, вносимой диодом. Эта погрешность η может быть выбрана значительно меньше общей относительной погрешности измерений, которую предусматривает класс точности прибора. Однако необходимо заметить, что вносимая погрешность проявляется лишь в конце шкалы, где относительная погрешность самого прибора минимальна, и поэтому величину η в большинстве практических случаев можно выбирать равной классу точности прибора.

Теперь необходимо вычислить ток $I_{д1}$ через диод *Д1* $I_{д1} = I_0 \cdot \eta$ (где I_0 — постоянный ток полного отклонения стрелки прибора) и по вольтамперным характеристикам (прямая ветвь) выбрать диод, у которого для вычисленного значения прямого тока $I_{д1}$ выполняется условие $U_{пр} \geqslant U_0$.

Таблица 1

Диоды	Прямое падение напряжения $U_{пр}$, *мв* при прямом токе $I_{Д1}$						
	0,5 *мка*	5 *мка*	10 *мка*	100 *мка*	1 *ма*	10 *ма*	100 *ма*
Д101А	200	390	450	620	860	1320	—
Д220	210	310	350	430	530	650	—
Д226Д	220	320	370	470	570	700	—
Д814Д	330	440	490	560	620	700	—
Д813Д	380	460	500	560	630	700	—
Д7Г—Д7Ж	—	—	—	20	110	220	350
Д305	—	—	—	10	30	100	200

В связи с тем, что начальных участков вольтамперных характеристик диодов в справочной литературе обычно не приводится, в табл. 1 приведено прямое падение напряжения $U_{пр}$ при нескольких фиксированных значениях прямого

тока для некоторых типов диодов при температуре 20° С. Учет температуры при выборе типа диода необходим, поскольку с повышением температуры вольтамперная характеристика диодов смещается влево. Это смещение происходит линейно на 2—3 *мв* на каждый градус изменения температуры. В качестве примера на рис. 3 приведены зависимости $U_{пр}$ от температуры для двух типов диодов — Д226Д и Д813Д, снятые при трех фиксированных значениях прямого тока через диоды —0,5; 10 и 100 *мка*. Из графиков видно, что зависимость $U_{пр}$ от температуры линейна и что по ней легко может быть вычислен температурный коэффициент прямого напряжения диодов $ТКН = \frac{\Delta U_{пр}}{\Delta t}, \ \frac{мв}{°C}$.

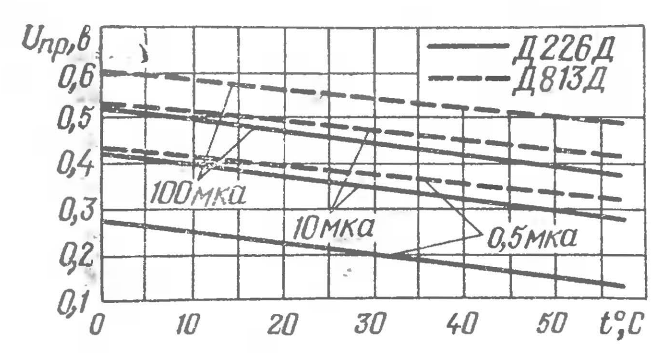


Рис. 3. Температурная зависимость прямого напряжения для диода Д226Д и стабилитрона Д813Д

Следует отметить, что ТКН *p-n*-перехода всех германиевых и кремниевых полупроводниковых приборов отрицателен, находится в пределах 1,8—3 *мв*/°С и остается практически постоянным при прямом токе диода до нескольких единиц и даже десятков миллиампер. Таким образом, учитывая поправку на температуру, $U_{пр} \geqslant U_0 - ТКН \cdot \Delta t$. Используя это выражение, становится возможным определить тип шунтирующего диода по вольтамперным характеристикам, снятым при температуре 20° С. ТКН в формулу следует подставлять с учетом его знака, а по величине брать средним или максимальным; Δt — разность между максимальной температурой эксплуатации и 20° С. Поскольку точная работа самого прибора вместе с подключенными к нему шунтами и добавочными резисторами обеспечена только в определенном диапазоне температур, то в качестве $t_{макс}$ следует выбирать верхнюю границу этого диапазона.

Рассмотренный способ наиболее эффективен для защиты стрелочных приборов, у которых ток и напряжение полного отклонения стрелки более 20 *мка* и 50 *мв* соответственно. В этом случае максимальная перегрузка прибора не превышает десятикратной, как у зарубежных измерительных приборов с электромеханическими предохранителями от перегрузок.

Для приборов с большим напряжением полного отклонения, когда защита не может быть обеспечена ни одним из

известных типов диодов, допустимо последовательное соединение двух или более диодов, и тогда результирующее напряжение $U_{пр}$ будет равно сумме этих напряжений каждого из диодов.

Если необходимо защитить от перегрузок стрелочный прибор, ток через который протекает в обоих направлениях (например, прибор, имеющий шкалу с нулем посредине), то к его зажимам подключают встречно параллельно два диода, как показано на рис. 4.

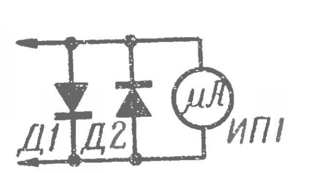


Рис. 4. Схема защиты прибора двумя диодами

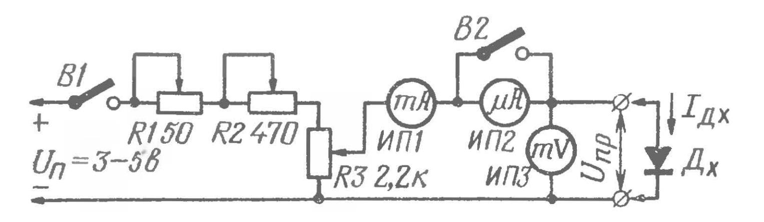


Рис. 5. Схема устройства для снятия начального участка вольтамперной характеристики диодов

Для защиты измерительных приборов переменного тока (например, электромагнитной системы) диоды подключаются так же, как и в предыдущем случае (рис. 4), но при определении типа диодов в последнее выражение, в его правую часть, вместо U_0 нужно подставить амплитудное значение напряжения полного отклонения стрелки прибора.

Для новых типов диодов, не вошедших в табл. 1, вольтамперную характеристику начального участка можно снять с помощью устройства, схема которого приведена на рис. 5. В этом устройстве ток через испытуемый диод $Д_х$ устанавливают переменными резисторами *R1, R2* и *R3* и контролируют приборами *ИП1* (многопредельный миллиамперметр) и *ИП2* (микроамперметр с ценой деления не более 1 *мка*). Падение напряжения $U_{пр}$ на диоде измеряют ламповым милливольтметром с входным сопротивлением не менее 10 *Мом*. Зависимость $U_{пр}$ от $I_{дх}$ начинают снимать от крайнего нижнего (по схеме) положения движка потенциометра *R3,* перемещая его вверх, причем сопротивления резисторов *R1* и *R2* должны быть максимальны. Далее, когда возможность увеличения тока с помощью резистора *R3* будет исчерпана, уменьшают сопротивление резистора *R2* и в последнюю очередь *R1*.

В табл. 2 приведены основные параметры наиболее распространенных стрелочных приборов магнитоэлектрической системы и указаны типы диодов, которыми рекомендуется их защищать от перегрузок. Кроме этого, в таблице приведена ориентировочная погрешность в процентах от всей шкалы прибора, вносимая диодом в показания при-

Таблица 2

Прибор	Ток полного отклонения I_0, *мка*	Напряжение полного отклонения U_0, *мв*	Класс точности прибора	Тип диода	Вносимая погрешность, %	Максимальная температура, °C
М24	100	300	1; 1,5 и 2,5	Д814Д	0,2	45
				Д813	<0,1	>60
	150	127,5		Д226Д	<0,1	>60
	200	180		Д226Д	<0,1	>60
	300	270		Д226Д	<0,6	>35
				Д814Д	<0,1	>60
М592	50	130	2,5	Д226Д	0,1	60
	200	160		Д226Д	<0,1	>60
	300	150		Д226Д	<0,1	>60
	500	250		Д226Д	0,2	55
				Д814Д	<0,1	>60
М49	200	140	2,5	Д226Д	<0,1	>60
	300	105		Д226Д	<0,1	>60
	500	175		Д226Д	<0,1	>60
М4-2	1000	220	2,5	Д226Д	<0,1	>60
М494	50	100	1,5	Д226Д	<0,1	>60
М20	1000	350	2,5	Д226Д	0,7	40
				Д814Д	0,1	>60
				Д813	<0,1	>60
М5	1000	75	2,5	Д226Д	<0,1	>60
ИТ	150	225	1,5	Д226Д	0,3	35
				Д814Д	<0,1	>60

Диоды Д226 применимы с любыми буквенными индексами.

бора при 20° С, а также указана максимальная температура, при которой эта погрешность еще не превышает предусмотренную классом точности прибора.

Описываемый метод защиты пригоден и для защиты многопредельных электроизмерительных приборов, тестеров и авометров, состоящих из измерительной головки, набора шунтов и добавочных резисторов. Однако следует помнить, что в таком приборе защищенной от перегрузок будет только измерительная головка. Авометры, предназначенные для измерения постоянного и переменного тока, относятся к приборам выпрямительной системы и имеют полупроводниковый выпрямитель. Для этих приборов при определении типа защитного диода в последнем выражении напряжение U_0 должно быть увеличено в 3,14 раза в случае однополупериодного и в 1,57 раза для двухполупериодного выпрямителя.

В заключение в качестве примера, характеризующего эффективность метода защиты, рассмотрим конкретный случай защиты стрелочного прибора М24 (I_0=0,2 *ма*, R_0==900*ом*, U_0=0,18 *в*) кремниевым диодом Д226Д. На рис. 6 приведена характеристика зависимости прямого сопротивления диода от прямого напряжения на нем. Из графика видно, что на участке от 0 до 0,18 *в* прямое сопротивление диода больше 1 *Мом*, и, следовательно, его влиянием на показания прибора можно пренебречь. При увеличении $U_{пр}$ до 1 *в* сопротивление диода уменьшается до 3,3 *ом* и прибор оказывается надежно защищенным. Максимальная электрическая перегрузка, которую он может испытывать, составит 1:0,18≈5,5 раза, в то время как ток, ответвляющийся через диод, превысит ток рамки прибора в 900 : 3,3≈270 раз. Если протекающий через диод ток окажется больше допустимого и диод будет пробит, то и тогда прибор будет защищен пробитым диодом, который необходимо затем заменить на исправный.

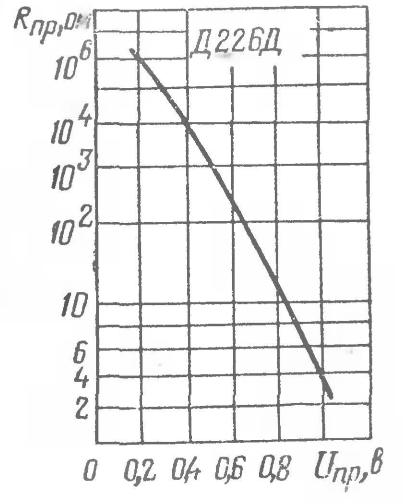


Рис. 6. Зависимость прямого сопротивления диода Д226Д от напряжения

По сравнению с электромеханическими защитными размыкателями, срабатывающими при 10—20-кратной перегрузке прибора, электронная защита с помощью диода имеет бесспорные преимущества: она проще, дешевле, практически безынерционна, не требует регулировки и может быть введена в готовые электроизмерительные приборы без каких-либо нарушений их градуировки.

МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРАМИ

В. КРЫЛОВ

В настоящее время тиристоры находят широкое применение в различных устройствах автоматического контроля, сигнализации и управления. Тиристор представляет собой управляемый полупроводниковый диод, которому свойственны два устойчивых состояния: открытое, когда прямое сопротивление тиристора весьма мало и ток в его цепи зависит в основном от напряжения источника питания и сопротивления нагрузки, и закрытое, когда его прямое сопротивление велико и ток составляет единицы миллиампер.

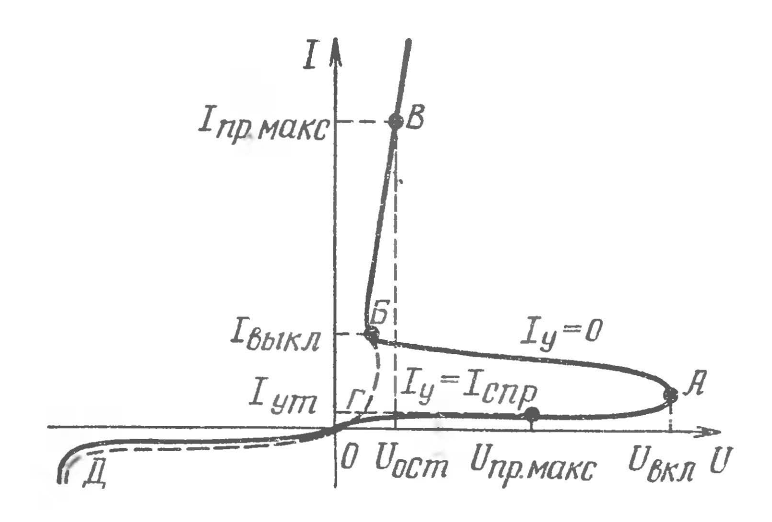


Рис. 1. Типовая вольтамперная характеристика тиристора

На рис. 1 показана типовая вольтамперная характеристика тиристора, где участок *ОА* соответствует закрытому состоянию тиристора, а участок *БВ* — открытому. При отрицательных напряжениях тиристор ведет себя как обычный диод (участок *ОД*).

Если увеличивать прямое напряжение на закрытом тиристоре при токе управляющего электрода, равном нулю, то при достижении величины $U_{вкл}$ тиристор откроется. Такое переключение тиростора называют переключением по аноду. Работа тиристора при этом аналогична работе неуправляемого полупроводникового четырехслойного диода — динистора.

Наличие управляющего электрода позволяет открывать тиристор при анодном напряжении, меньшем $U_{вкл}$. Для этого необходимо по цепи управляющий электрод — катод пропустить ток управления $I_у$. Вольтамперная характеристика тиристора для этого случая показана на рис. 1 пунктиром. Минимальный ток управления, необходимый для открывания тиристора, называется током спрямления $I_{спр}$. Ток спрямления сильно зависит от температуры. В справочниках он указывается при определенном анодном напряжении. Если за время действия тока управления анодный ток превысит значение тока выключения $I_{выкл}$, то тиристор останется открытым и по окончании действия тока управления; если же этого не произойдет, то тиристор снова закроется.

При отрицательном напряжении на аноде тиристора подача напряжения на его управляющий электрод не допускается. Недопустимо также на управляющем электроде отрицательное (относительно катода) напряжение, при котором обратный ток управляющего электрода превышает несколько миллиампер.

Открытый тиристор можно перевести в закрытое состояние, только снизив его анодный ток до величины, меньшей $I_{выкл}$. В устройствах постоянного тока для этой цели используются специальные гасящие цепочки, а в цепи переменного тока тиристор закрывается самостоятельно в момент перехода величины анодного тока через нуль. Это является причиной наиболее широкого применения тиристоров в цепях переменного тока. Все рассматриваемые ниже схемы имеют отношение только к тиристорам, включенным в цепь переменного тока.

Для обеспечения надежной работы тиристора источник управляющего напряжения должен удовлетворять определенным требованиям. На рис. 2 показана эквивалентная схема источника управляющего напряжения, а на рис. 3 — график, с помощью которого можно определить требования к его нагрузочной прямой. На графике линии *А* и *Б* ограничивают зону разброса входных вольтамперных характеристик тиристора, представляющих собой зависимости напряжения на управляющем электроде $U_у$ от тока этого электрода $I_у$ при разомкнутой анодной цепи. Прямая *В* определяет минимальное напряжение $U_у$, при котором открывается любой тиристор данного типа при минимальной температуре. Прямая *Г* определяет минимальный ток $I_у$, достаточный для открывания любого тиристора данного типа

при минимальной температуре. Каждый конкретный тиристор открывается в определенной точке своей входной характеристики. Заштрихованная зона является геометрическим местом таких точек для всех тиристоров данного типа, удовлетворяющих техническим условиям. Прямые *Д*

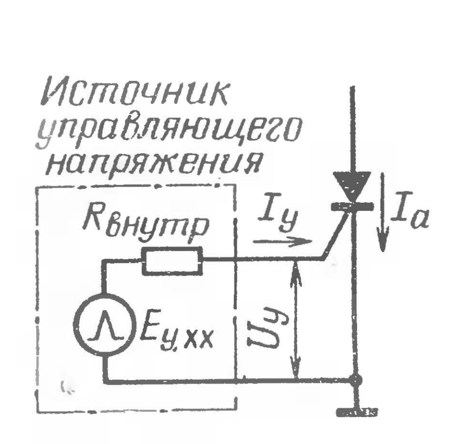


Рис. 2. Эквивалентная схема источника управляющего напряжения

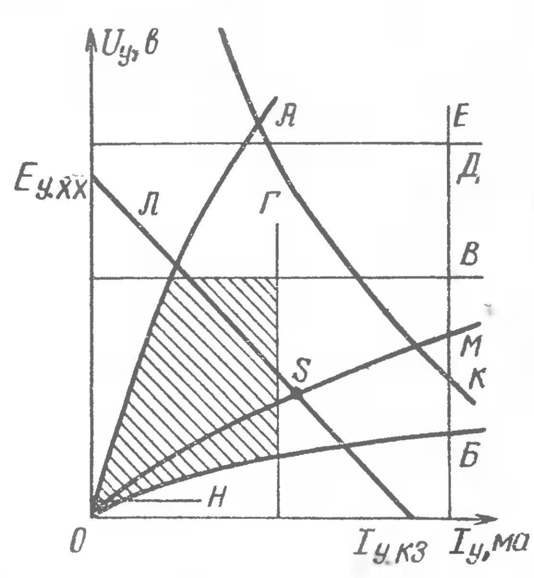


Рис. 3. Графический расчет цепи управления

и *Е* определяют максимально допустимые значения напряжения $U_у$ и тока $I_у$ соответственно, а кривая *К* — максимально допустимое значение мощности, рассеиваемой на управляющем электроде. Нагрузочная прямая *Л* источника управляющего сигнала проведена через точки, определяющие напряжение холостого хода источника $E_{у.хх}$ и его ток короткого замыкания $I_{у.кз} = \frac{E_{у.хх}}{R_{внутр}}$, где $R_{внутр}$ — внутреннее сопротивление источника. Точка *S* пересечения нагрузочной прямой *Л* с входной характеристикой (кривая *М*) выбранного тиристора должна находиться в области, лежащей между заштрихованной зоной и линиями *А*, *Д*, *К*, *Е* и *Б*. Эта область носит название предпочтительной области открывания. Горизонтальная прямая *Н* определяет наибольшее напряжение на управляющем переходе, при котором не открывается ни один тиристор данного типа при максимально допустимой температуре. Таким образом, эта величина, составляющая десятые доли вольта, определяет максимально допустимую амплитуду напряжения помехи в цепи управления тиристором.

После открывания тиристора цепь управления не влияет на его состояние, поэтому управление тиристором может осуществляться импульсами небольшой длительности (десятки или сотни микросекунд), что позволяет упростить

схемы управления и снизить мощность, рассеиваемую на управляющем электроде. Длительность импульса, однако, должна быть достаточной для нарастания анодного тока до величины, превышающей ток выключения $I_{выкл}$ при различном характере нагрузки и режиме работы тиристора.

Сравнительная простота устройств управления при работе тиристоров в цепях переменного тока обусловила широкое применение этих приборов в качестве регулирующих элементов в устройствах стабилизации и регулирования напряжения. Среднее значение напряжения на нагрузке при этом регулируют изменением момента подачи (то есть фазы) управляющего сигнала относительно начала полупериода питающего напряжения. Частота следования управляющих импульсов в таких схемах должна быть синхронизирована с частотой сети.

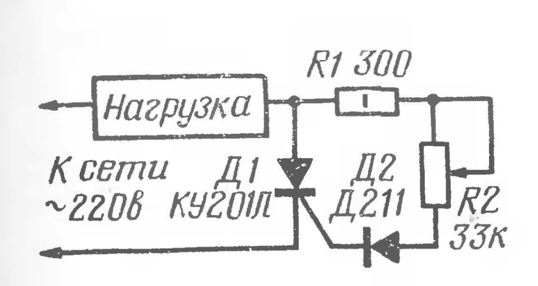


Рис. 4. Принципиальная схема простейшего амплитудного регулятора напряжения

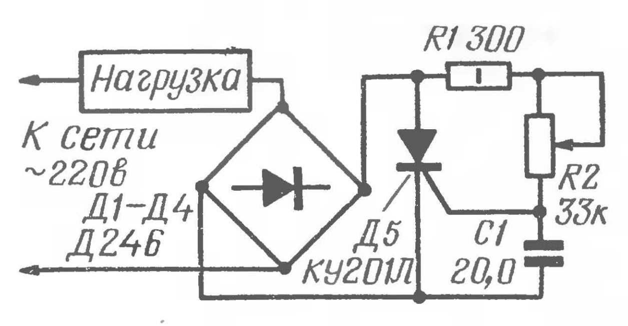


Рис. 5. Принципиальная схема регулятора напряжения с *RC* цепочкой в устройстве управления

Существует несколько методов управления тиристорами, из которых следует отметить амплитудный, фазовый и фазо-импульсный.

Амплитудный метод управления заключается в том, что на управляющий электрод тиристора подают положительное напряжение, изменяющееся по величине. Тиристор открывается в тот момент, когда это напряжение становится достаточным для протекания через управляющий переход тока спрямления. Изменяя напряжение на управляющем электроде, можно изменять момент открывания тиристора. Простейшая схема регулятора напряжения, построенная по этому принципу, приведена на рис. 4. В качестве управляющего напряжения здесь используется часть анодного напряжения тиристора, то есть напряжения положительного полупериода сети. Резистором *R2* изменяют момент открывания тиристора *Д1* и, следовательно, среднее значение напряжения на нагрузке. При полностью введенном резисторе *R2* напряжение на нагрузке минимально. Диод *Д2* защищает управляющий переход тиристора от обратного

напряжения. Следует обратить внимание на то, что цепь управления подключена не непосредственно к сети, а параллельно тиристору. Сделано это для того, чтобы открытый тиристор шунтировал цепь управления, не допуская бесполезного рассеивания мощности на ее элементах.

Основными недостатками рассматриваемого устройства являются сильная зависимость напряжения на нагрузке от температуры и необходимость индивидуального подбора резисторов для каждого экземпляра тиристора. Первое объясняется температурной зависимостью тока спрямления тиристоров, второе — большим разбросом их входных характеристик. Кроме того, устройство способно регулировать момент открывания тиристора только в течение первой половины положительного полупериода напряжения сети.

Управляющее устройство, схема которого приведена на рис. 5, позволяет расширить диапазон регулирования до 180°, а включение тиристора в диагональ выпрямительного моста — регулировать напряжение на нагрузке в течение обоих полупериодов напряжения сети. Конденсатор *C1* заряжается через резисторы *R1* и *R2* до напряжения, при котором через управляющий переход тиристора протекает ток, равный току спрямления. При этом тиристор открывается, пропуская ток через нагрузку. Благодаря наличию конденсатора напряжение на нагрузке меньше зависит от колебаний температуры, но тем не менее и этому устройству присущи те же недостатки.

При фазовом методе управления тиристорами с помощью фазовращательного моста изменяют фазу управляющего напряжения относительно напряжения на аноде тиристора. На рис. 6 приведена схема однополупериодного регулятора напряжения, в котором изменение напряжения на нагрузке осуществляется резистором *R2,* включенным в одно из плеч моста, с диагонали которого напряжение поступает на управляющий переход тиристора. Напряжение на каждой половине обмотки *III* управления должно быть приблизительно 10 *в.* Остальные параметры трансформатора определяются напряжением и мощностью нагрузки. Основным недостатком фазового метода управления является малая крутизна управляющего напряжения, из-за чего стабильность момента открывания тиристора получается невысокой.

Фазо-импульсный метод управления тиристорами отличается от предыдущего тем, что с целью повышения точности и стабильности момента открывания тиристора на его управляющий электрод подают импульс напряжения с крутым фронтом. Этот метод получил в настоящее время наибольшее распространение. Схемы, реализующие этот метод, отличаются большим разнообразием.

На рис. 7 приведена схема одного из самых простых устройств, использующих фазо-импульсный метод управления тиристором. При положительном напряжении на аноде тиристора *Д3* конденсатор *C1* заряжается через диод *Д1* и переменный резистор *R1.* Когда напряжение на конденсаторе достигнет напряжения включения динистора *Д2,* он

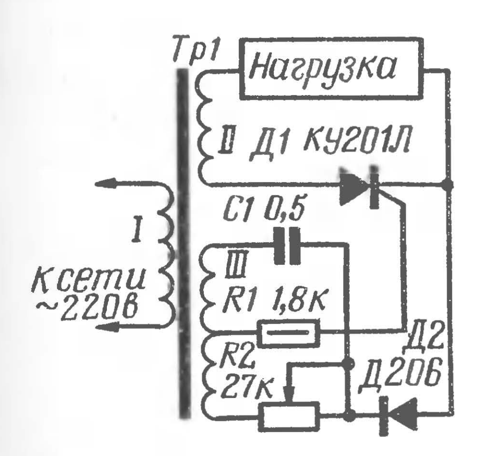


Рис. 6. Принципиальная схема регулятора напряжения с фазовым управлением

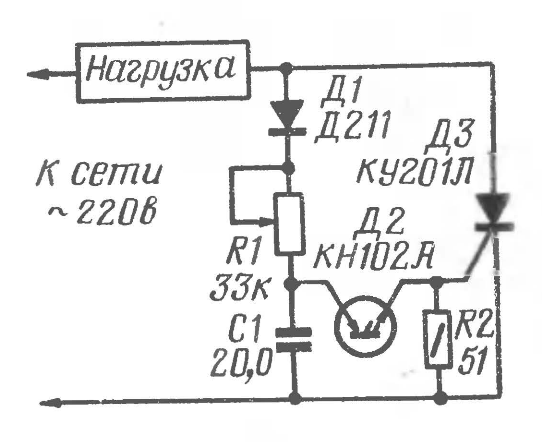


Рис. 7. Принципиальная схема простейшего регулятора напряжения с фазоимпульсным управлением

открывается и конденсатор разряжается через управляющий переход тиристора. Этот импульс разрядного тока открывает тиристор *Д3* и через нагрузку начинает протекать ток. Изменяя резистором *R1* ток заряда конденсатора, можно изменять момент открывания тиристора в пределах полупериода напряжения сети. Резистор *R2* исключает самооткрывание тиристора *Д3* за счет токов утечки при повышенной температуре. По техническим условиям при работе тиристоров в ждущем режиме установка этого резистора обязательна. Приведенная на рис. 7 схема не нашла широкого применения из-за большого разброса величины напряжения включения динисторов, доходящего до 200%, и значительной зависимости напряжения включения от температуры.

Одной из разновидностей фазо-импульсного метода управления тиристорами является получившее в настоящее время наибольшее распространение так называемое вертикальное управление. Оно заключается в том, что на входе генератора импульсов производится сравнение (рис. 8) постоянного напряжения (*1*) и напряжения, изменяющегося по величине (*2*). В момент равенства этих напряжений генерируется импульс (*3*) управления тиристором. Пере-

менное по величине напряжение может иметь синосоидальную, треугольную или пилообразную (как показано на рис. 8) форму. Как видно из рисунка, изменение момента возникновения управляющего импульса, то есть сдвиг его фазы, может производиться тремя различными способами: изменением скорости нарастания переменного напряжения (2*а*), изменением его начального уровня (2*б*) и изменением величины постоянного напряжения (1*а*).

Рис. 8. Получение управляющего импульса при вертикальном управлении

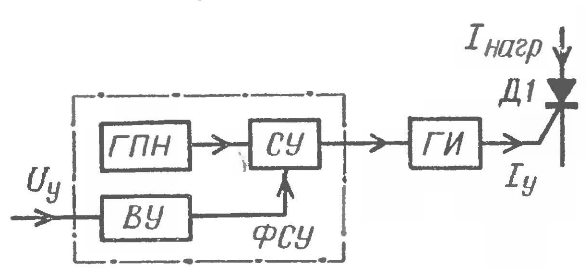


Рис. 9. Структурная схема устройства вертикального управления

На рис. 9 показана структурная схема устройства, реализующего вертикальный метод управления тиристорами. Как и любое другое устройство фазо-импульсного управления, оно состоит из фазосдвигающего устройства *ФСУ* и генератора импульсов *ГИ*. Фазосдвигающее устройство, в свою очередь, содержит входное устройство *ВУ*, воспринимающее напряжение управления U_y, генератор переменного (по величине) напряжения *ГПН* и сравнивающее устройство *СУ*. В качестве названных элементов могут быть использованы самые различные устройства.

На рис. 10 приведена принципиальная схема устройства управления тиристором (*Д5*), включенным последовательно с мостовым выпрямителем (*Д1 — Д4*). Устройство состоит из генератора пилообразного напряжения с транзисторным коммутатором (*Т1*), триггера Шмитта (*Т2, Т3*) и выходного ключевого усилителя (*Т4*). Под действием напряжения, снимаемого с синхронизирующей обмотки *III* трансформатора *Тр1*, транзистор *Т1* закрыт. При этом конденсатор *С1* заряжается через резисторы *R3* и *R4*. Напряжение на конденсаторе возрастает по экспоненциальной кривой, начальный участок которой с некоторым приближением можно считать прямолинейным (*2*, см. рис. 8). При этом транзистор *Т2* закрыт, а *Т3* открыт. Ток эмиттера

транзистора *Т3* создает на резисторе *R6* падение напряжения, которое определяет уровень срабатывания триггера Шмитта (*1* на рис. 8). Сумма напряжений на резисторе *R6* и открытом транзисторе *Т3* меньше, чем напряжение на стабилитроне *Д10*, поэтому транзистор *Т4* закрыт. Когда напряжение на конденсаторе *С1* достигает уровня срабатывания триггера Шмитта, транзистор *Т2* открывается, а *Т3* закрывается. Транзистор *Т4* при этом открывается

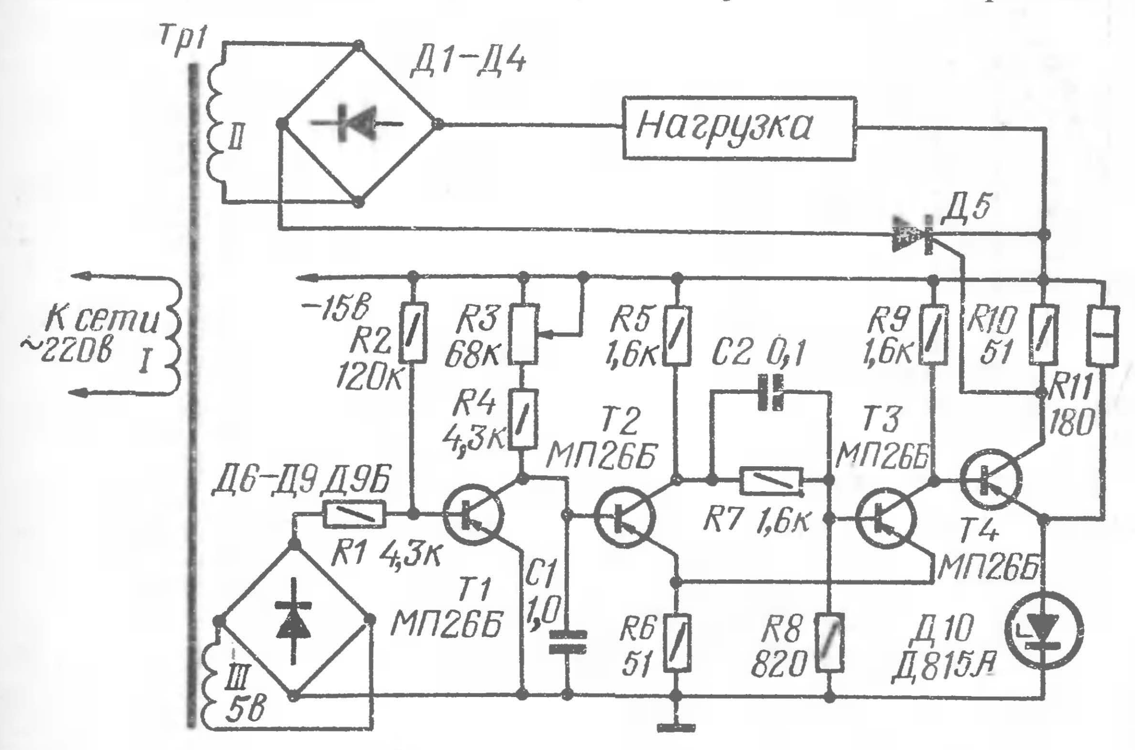


Рис. 10. Принципиальная схема регулятора напряжения с устройством вертикального управления

и на резисторе *R10* появляется импульс напряжения, открывающий тиристор *Д5* (импульс *3* на рис. 8). В конце каждого полупериода напряжения сети транзистор *Т1* открывается током, протекающим через резистор *R2*. Конденсатор *С1* при этом разряжается практически до нуля и устройство управления возвращается в исходное состояние. Тиристор закрывается в момент перехода амплитуды анодного тока через нуль. С началом следующего полупериода цикл работы устройства повторяется. Изменяя сопротивление резистора *R3*, можно изменять ток заряда конденсатора *С1*, то есть скорость нарастания напряжения на нем, а значит, и момент появления открывающего тиристор импульса. Заменив резистор *R3* транзистором, можно автоматически регулировать напряжение на нагрузке. Таким образом, в этом устройстве использован первый из названных выше способов сдвига фазы управляющих импульсов.

Небольшое изменение схемы, показанное на рис. 11, позволяет получить регулирование по второму способу. В этом случае конденсатор *C1* заряжается через постоянный резистор *R4* и скорость нарастания пилообразного напряжения во всех случаях одинакова. Но при открывании транзистора *T1* конденсатор разряжается не до нуля, как в предыдущем устройстве, а до напряжения управления $U_у$. Следовательно, и заряд конденсатора в очередном цикле начнется с этого уровня. Изменяя напряжение $U_у$, регулируют момент открывания тиристора. Диод *Д11* отключает источник напряжения управления от конденсатора во время его заряда.

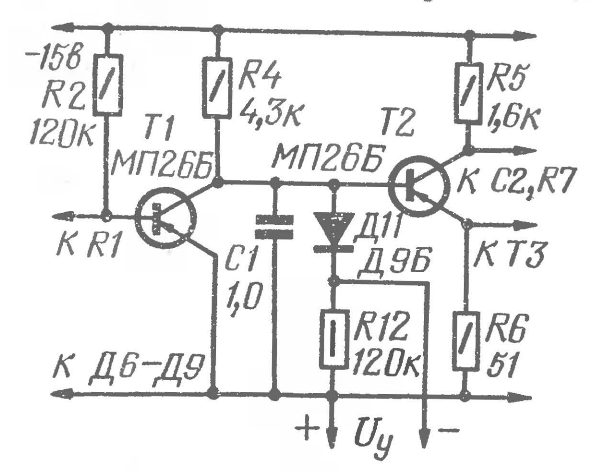


Рис. 11. Вариант схемы устройства вертикального управления

Выходной каскад на транзисторе *T4* обеспечивает необходимое усиление по току. Используя в качестве нагрузки импульсный трансформатор, можно одновременно управлять несколькими тиристорами.

В рассматриваемых устройствах управления к управляющему переходу тиристора напряжение приложено в течение отрезка времени от момента равенства постоянного и пилообразного напряжений до окончания полупериода напряжения сети, то есть до момента разряда конденсатора *C1*. Уменьшить длительность управляющего импульса можно включением дифференцирующей цепочки на входе усилителя тока, выполненного на транзисторе *T4* (см. рис. 10).

Одним из вариантов вертикального метода управления тиристорами является число-импульсный метод. Его особенность состоит в том, что на управляющий электрод тиристора подают не один импульс, а пачку коротких импульсов. Длительность пачки равна длительности управляющего импульса, показанного на рис. 8. Частота следования импульсов в пачке определяется параметрами генератора импульсов. Число-импульсный метод управления обеспечивает надежное открывание тиристора при любом характере нагрузки и позволяет уменьшить мощность, рассеиваемую на управляющем переходе тиристора. Кроме этого, если на выходе устройства включен импульсный трансформатор, возможно уменьшить его размеры и упростить конструкцию.

На рис. 12 приведена схема управляющего устройства, использующего число-импульсный метод. В качестве узла сравнения и генератора импульсов здесь применен балансный диодно-регенеративный компаратор, состоящий из схемы сравнения на диодах *Д10*, *Д11* и собственно блокинг-генератора, собранного на транзисторе *T2*. Диоды *Д10*, *Д11* управляют работой цепи обратной связи блокинг-генератора.

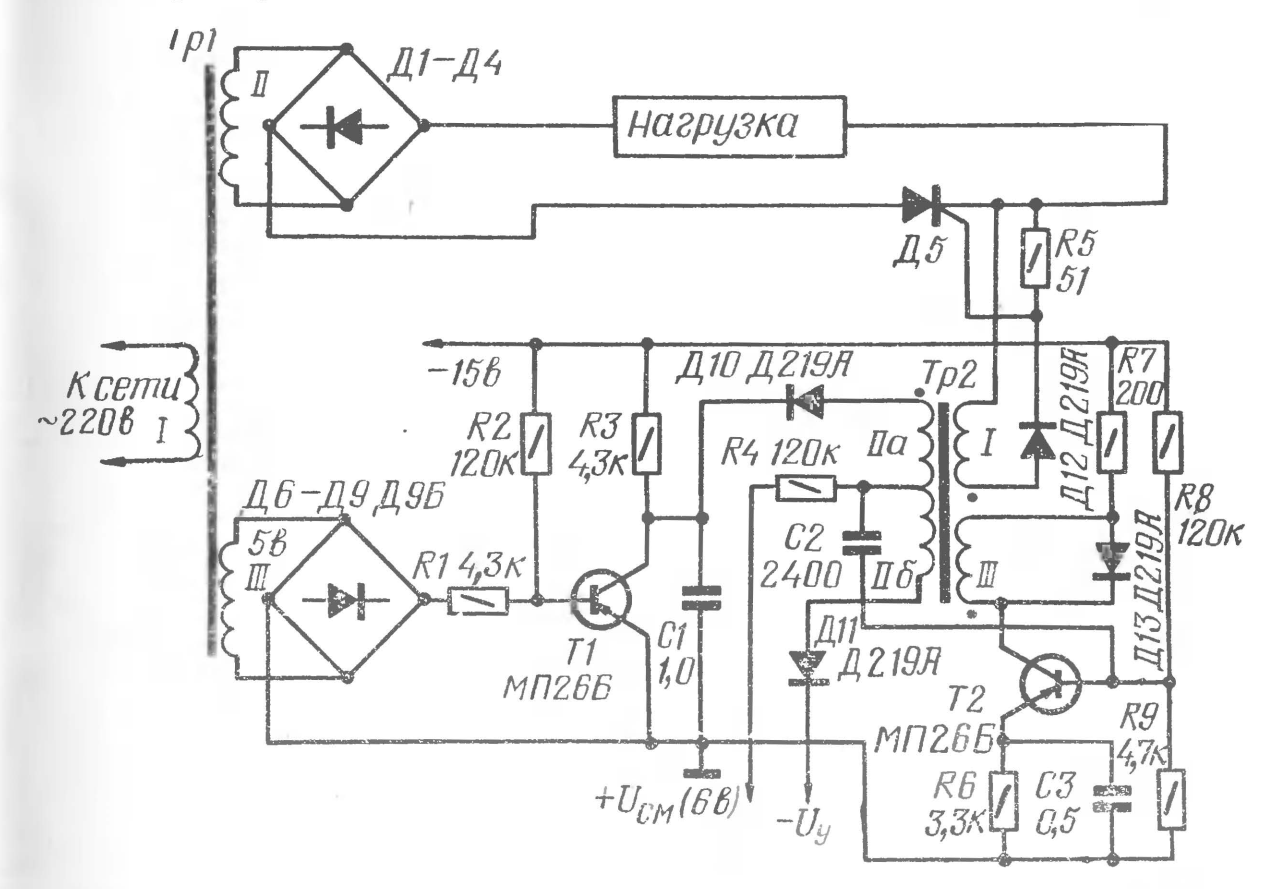


Рис. 12. Принципиальная схема регулятора напряжения с число-импульсным управляющим устройством

Как и в предыдущих случаях, при закрытом транзисторе *T1* начинается заряд конденсатора *C1* через резистор *R3*. Диод *Д11* открыт напряжением $U_у$, а диод *Д10* закрыт. Таким образом, цепь обмотки *IIа* положительной обратной связи блокинг-генератора разомкнута, а цепь обмотки *IIб* отрицательной обратной связи замкнута и транзистор *T2* закрыт. Когда напряжение на конденсаторе *C1* достигнет напряжения $U_у$, диод *Д11* закроется, а *Д10* откроется. Цепь положительной обратной связи окажется замкнутой, и блокинг-генератор начнет вырабатывать импульсы, которые с обмотки *I* трансформатора *Тр2* будут поступать на управляющий переход тиристора. Генерация импульсов будет продолжаться до конца полупериода напряжения сети, когда откроется транзистор *T1* и конденсатор *C1* раз-

рядится. Диод *Д10* при этом закроется, а *Д11* откроется, блокинг-процесс прекратится, и устройство вернется в исходное состояние. Изменяя напряжение управления $U_у$, можно изменять момент начала генерации относительно начала полупериода и, следовательно, момент открывания тиристора. Таким образом, в данном случае используется третий способ сдвига фазы управляющих импульсов.

Применение балансной схемы узла сравнения обеспечивает температурную стабильность его работы. Кремниевые диоды *Д10* и *Д11* с малым обратным током позволяют получить высокое входное сопротивление сравнивающего узла (около 1 *Мом*). Поэтому он не оказывает практически никакого влияния на процесс заряда конденсатора *С1*. Чувствительность узла весьма высока и составляет несколько милливольт. Резисторы *R6*, *R8*, *R9* и конденсатор *С3* определяют температурную стабильность рабочей точки транзистора *Т2*. Резистор *R7* служит для ограничения коллекторного тока этого транзистора и улучшения формы импульса блокинг-генератора. Диод *Д13* ограничивает выброс напряжения на коллекторной обмотке *III* трансформатора *Тр2*, возникающий при закрывании транзистора. Импульсный трансформатор *Тр2* можно выполнить на ферритовом кольце 1000НН типоразмера К15×6×4,5. Обмотки *I* и *III* содержат по 75, а обмотки *IIа* и *IIб* — по 50 витков провода ПЭВ-2 0,1.

Недостатком этого устройства управления является сравнительно низкая частота следования импульсов (примерно 2 *кгц* при длительности импульса 15 *мксек*). Увеличить частоту можно, например, уменьшив сопротивление резистора *R4*, через который разряжается конденсатор *С2*, но при этом несколько ухудшается температурная стабильность чувствительности сравнивающего узла.

Число-импульсный метод управления тиристорами можно использовать и в рассмотренных выше (рис. 10 и 11) устройствах, поскольку при определенном выборе номиналов элементов (*С1*, *R4* — *R10*, см. рис. 10) триггер Шмитта при напряжении на конденсаторе *С1*, превышающем уровень срабатывания триггера, генерирует не одиночный импульс, а последовательность импульсов. Их длительность и частота следования определяются параметрами и режимом триггера. Такое устройство получило название «мультивибратор с разрядным триггером».

В заключение следует отметить, что значительное схемное упрощение устройств управления тиристорами при сохранении высоких качественных показателей может быть достигнуто с помощью однопереходных транзисторов.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ С ВЫСОКИМ К. П. Д.

С. НАЗАРОВ

В транзисторных стабилизаторах напряжения регулирующий элемент может включаться либо последовательно с нагрузкой, либо параллельно ей. В соответствии с этим стабилизаторы относят либо к последовательным, либо к параллельным.

В общем случае параллельный стабилизатор представляет собой делитель из последовательно соединенных балластного резистора $R_б$ и регулирующего элемента РЭ с нелинейным сопротивлением (см. рис. 1), а нагрузка подключается параллельно регулирующему элементу. Параллельными обычно выполняют почти все параметрические стабилизаторы. Компенсационные же стабилизаторы параллельного типа применяются реже. Это объясняется низким к. п. д. параллельных стабилизаторов, выполненных по распространенным схемам.

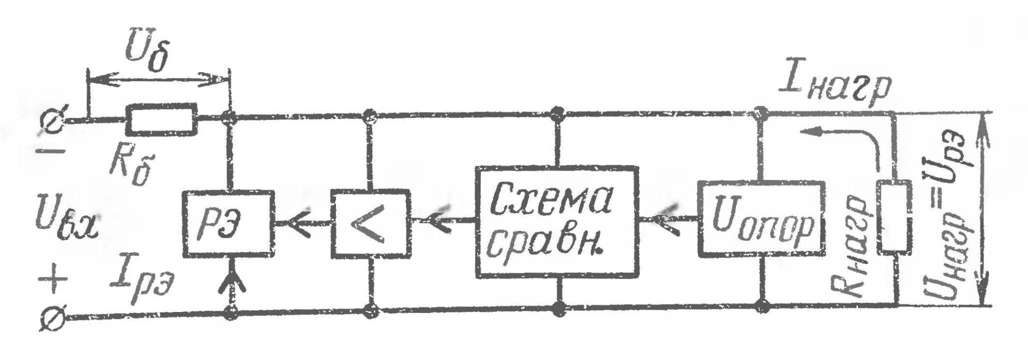


Рис. 1. Функциональная схема параллельного стабилизатора напряжения

Последовательные компенсационные стабилизаторы обладают значительным к. п. д. (0,6—0,7) и высокой экономичностью, особенно в режиме холостого хода. Ввиду этих достоинств такие стабилизаторы получили широкое распространение. Однако их весьма существенным недостатком является низкая надежность при перегрузках и коротких замыканиях в цепи нагрузки. Это качество источника питания является очень важным, особенно при экспериментальной работе, когда вероятность перегрузок относительно велика. В последовательном стабилизаторе мощный регулирующий транзистор находится непосредственно в цепи нагрузки и при коротком замыкании выходит из строя в течение нескольких миллисекунд вследствие теплового или электрического пробоя. Для защиты транзисто-

ра от пробоя часто используют плавкие предохранители. Предохранитель должен быть рассчитан так, чтобы при возникновении опасной перегрузки он расплавился раньше, чем выйдет из строя транзистор. Однако плавкие предохранители весьма инерционны и поэтому не могут обеспечить надежной защиты. Необходимость создания более эффективной защиты приводит к усложнению и удорожанию последовательных стабилизаторов.

Важнейшим преимуществом параллельных стабилизаторов является их высокая надежность при перегрузках и коротких замыканиях на выходе. В таких стабилизаторах при перегрузке или замыкании на выходе резко уменьшается напряжение на мощном регулирующем транзисторе, а значит, и ток, протекающий через него. Поэтому для таких стабилизаторов фактически не существует проблемы защиты от перегрузок. Стабилизирующие же качества последовательных и параллельных стабилизаторов примерно одинаковы. Таким образом, параллельные стабилизаторы являются весьма перспективными.

Основным недостатком параллельных компенсационных стабилизаторов является их относительно низкий к. п. д. Номинальный коэффициент полезного действия параллельного стабилизатора представляет собой отношение мощности, выделяемой на нагрузке к входной мощности (см. рис. 1):

$$\eta_0 = \frac{P_{нагр}}{P_{вх}} = \frac{U_{нагр} \cdot I_{нагр}}{U_{вх}(I_{нагр} + I_{РЭ})}. \quad (1)$$

В режиме постоянной нагрузки к. п. д. существенно зависит от выбранных соотношений напряжений $U_{вх}$ и $U_{нагр}$ и токов $I_{нагр}$ и $I_{рэ}$. Если ввести обозначения:

$$A = \frac{I_{нагр}}{I_{РЭ}}, \quad B = \frac{U_{вх}}{U_{нагр}}, \text{ то}$$

$$\eta_0 = \frac{A}{B(A+1)} \quad (2)$$

Очевидно, что всегда $B>1$, а коэффициент A может принимать значения как большие, так и меньшие единицы При постоянном значении $U_{вх}$ и $U_{нагр}$ с уменьшением тока нагрузки к. п. д. стабилизатора уменьшается, приближаясь к нулю. Так как входной ток постоянен $I_{вх}=I_{нагр}+I_{РЭ}=$ $=const$, то при токе нагрузки, равном нулю, на коллекторе регулирующего транзистора должна рассеиваться максимальная мощность $P_{к.РЭ}=P_{нагр}=U_{нагр} \cdot I_{РЭ}$.

Рассмотрим некоторые пути к повышению к. п. д. параллельных стабилизаторов.

1. Уменьшение сопротивления балластного резистора. Из выражения *2* следует, что увеличить к. п. д. можно уменьшением значения коэффициента B, то есть уменьшением $R_б$. Однако такой путь повышения к. п. д. связан с ухудшением коэффициента стабилизации и увеличением выходного сопротивления стабилизатора, поэтому применяется редко.

2. Уменьшение тока регулирующего элемента. Уменьшением тока регулирующего элемента достигается увеличение значения коэффициента A и, следовательно, повышение к. п. д. Такой метод может быть применен только для постоянных значений тока и напряжения нагрузки, что редко бывает на практике. Следует добавить, что в этом случае сужаются возможные пределы изменения входного напряжения, при которых сохраняется работоспособность стабилизатора (поскольку $I_{нагр}=const$ и $U_{нагр}=const$, $\Delta U_{вх}=R_б \cdot \Delta I_{РЭ}$, где $\Delta U_{вх}=U_{вх.макс}-U_{вх.мин}$ — возможное изменение входного напряжения; $\Delta I_{РЭ}=I_{РЭ.макс}-I_{РЭ\,мин}$ — возможное изменение регулирующего тока).

3. Изменение входного тока в зависимости от тока нагрузки. Повысить к. п. д. стабилизатора можно, если отказаться от традиционного условия $I_{вх}=const$ и сделать входной ток зависимым от тока нагрузки. В этом случае для постоянного значения $U_{нагр}$ можно получить большое значение коэффициента A при изменяющемся токе нагрузки, а значит, и высокое значение к. п. д. В этом случае сопротивление балластного резистора должно меняться обратно пропорционально току нагрузки. Возможен вариант, например, при котором $R_б$ принимает два дискретных значения. Переключение сопротивления резистора может быть выполнено с помощью реле. Однако такой путь также имеет серьезные недостатки: инерционность устройства, нежелательные переходные процессы при переключении реле и другие.

4. Применение нелинейных балластных резисторов. Рассмотренные выше методы повышения экономичности параллельных стабилизаторов не дают большого эффекта, так как в них предполагается неизменным выходное напряжение и практически постоянным — входное. В радиолюбительской практике чаще возникает необходимость получения стабильного выходного напряжения при колебаниях напряжения в сети. Кроме этого, бывает необходимо регулировать выходное напряжение в некоторых пределах. В этом случае требуемый перепад напряжения $\Delta U_б=$

$=U_{б.макс}-U_{б.мин}$ весьма значителен и определяется желаемыми пределами регулировки выходного напряжения. Для обеспечения такого перепада при линейном резисторе $R_б$ нужны слишком большие управляющие токи $\Delta I_{РЭ1}$ (прямая *1* на рис. 2). Для получения большого напряжения $\Delta U_б$ при малом регулирующем токе было бы выгодным использовать балластные двухполюсники типа бареттера, обладающие токостабилизирующими свойствами. На рис. 2 кривая 2 отображает характеристику «идеального» бареттера. Используя «идеальный» бареттер, можно получить $U_{б.мин}$ близким к нулю, и значительно уменьшить ток $I_{РЭ.макс}$, что позволило бы повысить к. п. д. параллельного стабилизатора почти до уровня последовательного. Однако реальные бареттеры не предоставляют таких возможностей. Значительные удельные габариты, малый срок службы и ограниченная номенклатура бареттеров затрудняет их широкое применение в стабилизаторах напряжения.

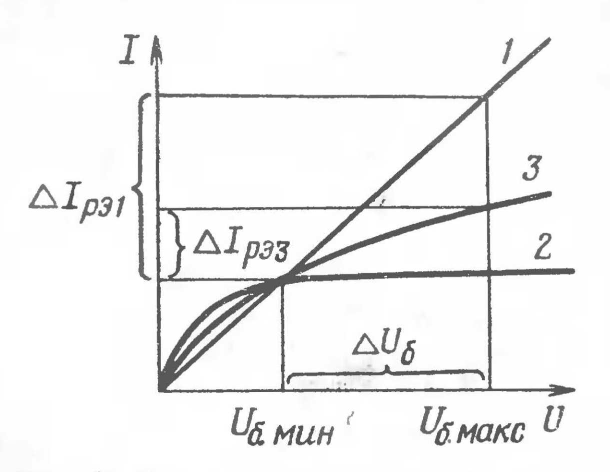


Рис. 2. Вольтамперные характеристики различных балластных резисторов:
1 — линейного резистора; *2* — «идеального» бареттера; *3* — лампы накаливания

Большие возможности применения в качестве балластных резисторов дают лампы накаливания. Как видно из рис. 2 (кривая *3*), эффект применения ламп накаливания сводится к уменьшению $I_{РЭ.макс}(\Delta I_{РЭ3})$. Тепловая инерция нелинейного сопротивления ламп накаливания практически не отражается на частотных и переходных характеристиках стабилизатора.

Гарантированный срок службы ламп накаливания невысок — всего 100—500 часов. Однако он намного увеличивается при снижении рабочей температуры нити, что всегда имеет место при эксплуатации стабилизатора в номинальном режиме. Применение ламп накаливания в качестве балластного резистора дает возможность по накалу нити судить об исправности и режиме работы стабилизатора.

Таким образом, весьма целесообразным для повышения к. п. д. параллельного стабилизатора, работающего при изменяющемся напряжении сети и переменном значении выходного напряжения, следует считать метод применения лампы накаливания в качестве балластного резистора.

Ниже приведено описание одного из таких стабилизаторов напряжения.

Схема параллельного стабилизатора напряжения, использующего в качестве балластного резистора лампу накаливания, приведена на рис. 3. Стабилизатор может отдать в нагрузку ток до 1 *а* при регулируемом выходном напряжении в пределах от 7 до 25 *в*. Коэффициент стабилизации, выходное сопротивление, напряжение пульсаций на выходе и коэффициент полезного действия для различ-

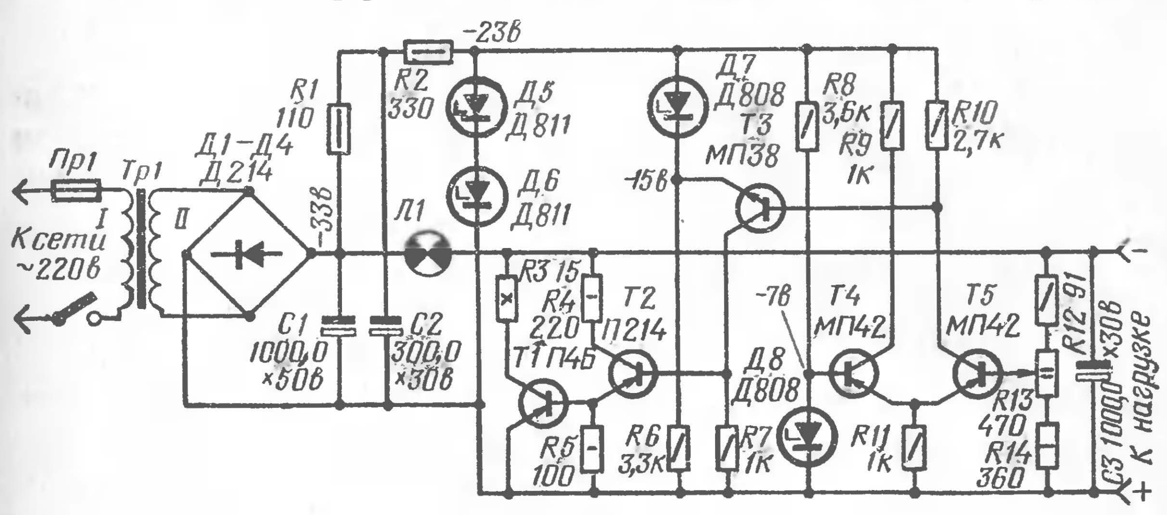


Рис. 3. Принципиальная схема параллельного стабилизатора с высоким к. п. д.

ных режимов эксплуатации приведены в таблице. Там же приведены усредненные значения к. п. д. типового последовательного стабилизатора напряжения, имеющего примерно такие же характеристики.

Питается стабилизатор от выпрямителя, собранного по мостовой схеме, на выходе которого включен сглаживающий конденсатор *C1*. Для питания управляющих цепей использован дополнительный сглаживающий фильтр из резистора *R1* и конденсатора *C2*, после которого включена цепочка стабилизации управляющего напряжения на стабилитронах *Д5* и *Д6*. Стабилизация напряжения питания управляющих цепей необходима по следующим причинам. Известно, что для точного поддержания опорного напряжения на заданном уровне ток, проходящий через стабилитрон, не должен изменяться. Так как устройство предусматривает возможность широкой регулировки выходного напряжения, то при включении стабилитрона на выходе стабилизатора (как это обычно и делается) ток, протекающий через стабилитрон, изменялся бы в очень широких пределах, что вызвало бы большую нестабильность опорного напряжения. По этой причине стабилитрон

Д8, выполняющий роль источника опорного напряжения, питается от предварительно стабилизированного входного напряжения. Такое включение, кроме того, обеспечивает получение нижней границы регулировки выходного напряжения, лишь немного превышающей опорное напряжение, что невозможно при включении опорного стабилитрона непосредственно на выходе стабилизатора.

Таблица

Выходное напряжение $U_{вых}$, *в*	Ток нагрузки $I_{нагр}$, *а*	Коэффициент стабилизации, $K_{стаб}$	Выходное сопротивление, $R_{вых}$, *ом*	К. п. д., %	К. п. д. последов. стабил., %
10	0,1 0,2 0,4	1000 900 800	0,01	10 15 25	30
15	0,1 0,2 0,5	700 650 600	0,012	15 22 35	50
20	0,1 0,5 1,0	600 400 160	0,03	20 45 60	65
25	0,1 0,5 1,0	500 300 25	0,05	25 53 75	75

Часть выходного напряжения для сравнения с опорным снимается с делителя напряжения на резисторах *R12* — *R14*. Сигнал рассогласования усиливается дифференциальным усилителем, собранным на транзисторах *Т4* и *Т5*. Достоинства такого усилителя описаны в «Радио», 1972, № 3 на стр. 38. Усиленный сигнал рассогласования выделяется на резисторе *R10* нагрузки транзистора *Т5*. Это напряжение подается на базу транзистора *Т3*, который является вторым каскадом усиления напряжения рассогласования. Потенциал эмиттера транзистора *Т3* поддерживается на уровне 7—8 *в* относительно общего минусового провода с помощью стабилизатора напряжения, составленного из резистора *R6* и стабилитрона *Д7*. Нагрузкой второго усилительного каскада служит резистор *R7*, напряжение с которого подается на вход эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе *Т2*. Сигнал, усиленный по току эмиттерным повторителем, поступает на базу мощного регулирующего транзистора *Т1*. С целью снижения требований к транзистору *Т1* и улучшения его энергетических показателей в его коллекторную цепь включен резистор *R3*, что позволяет получить почти четырехкратное снижение рассеиваемой транзистором мощности. Это дает возможность существенно уменьшить размеры радиатора для транзистора. С этой же целью включен и резистор *R4* в коллекторную цепь транзистора *Т2*.

Работает стабилизатор следующим образом. При повышении напряжения на выходе стабилизатора увеличивается напряжение, снимаемое с резистора *R13* делителя выходного напряжения. Это приводит к открыванию транзистора *Т5* и подзакрыванию транзистора *Т4*. В результате этого увеличивается падение напряжения на резисторе *R10*, которое приложено ко входу второго каскада усилителя обратной связи. Под действием этого напряжения увеличивается коллекторный ток транзистора *Т3*. Эмиттерный повторитель на транзисторе *Т2* обеспечивает дальнейшее усиление этого тока до величины, достаточной для управления мощным регулирующим транзистором *Т1*. Коллекторный ток регулирующего транзистора увеличивается и увеличивает падение напряжения на лампе накаливания *Л1* — происходит уменьшение выходного напряжения стабилизатора до первоначального значения. Применение лампы накаливания в качестве балластного резистора позволяет значительно уменьшить управляющий ток транзистора *Т1* по сравнению с линейным резистором (см. рис. 2). Поэтому управляющая цепь реагирует на весьма незначительные изменения выходного напряжения, чему также способствует большой коэффициент усиления усилителя обратной связи. В итоге существенно увеличивается коэффициент стабилизации и уменьшается амплитуда пульсаций выходного напряжения.

Трансформатор *Тр1* стабилизатора может быть собран на сердечнике Ш24 с толщиной набора 35 *мм*. Первичная обмотка *I* на 220 *в* должна содержать 1200 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,38 *мм*, вторичная *II* — 135 витков провода ПЭВ-2 0,8 *мм*. Радиатор транзистора *Т1* должен быть рассчитан на мощность рассеяния порядка 6—7 *вт*. В ста-

билизаторе использована лампа накаливания на 28 *в* мощностью 40 *вт*. Можно использовать две последовательно включенные лампы на 26 *в* по 15 *вт* каждая. Транзисторы *Т4* и *Т5* дифференциального усилителя должны быть подобраны близкими по параметрам ($B_{ст}=50-100$). Резистор *R3* — любой, с мощностью рассеяния не менее 10 *вт*. Стабилизатор можно упростить, заменив дифференциальный усилитель одним транзистором. Для этого нужно удалить транзистор *Т4* и резисторы *R9* и *R11*, а эмиттер транзистора *Т5* подключить к точке соединения резистора *R8* и стабилитрона *Д8*. Температурная стабильность такого упрощенного стабилизатора несколько уменьшается.

АВТОМОТОЛЮБИТЕЛЮ

ЭЛЕКТРОННАЯ БЕСКОНТАКТНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Н. КОМКОВ

В последние годы в нашей стране разработано много различных вариантов контактных систем электронного зажигания, обладающих повышенной мощностью поджигающей искры, более длительным сроком службы контактов прерывателя и повышенной стабильностью момента воспламенения рабочей смеси. Увеличение срока службы контактов объясняется тем, что в этих системах удается резко уменьшить разрываемый контактами ток, поэтому обгорание контактов практически прекращается, а срок службы определяется лишь механическим износом. Однако, как показывает практика, контакты прерывателя, работающие в режиме малых токов, становятся весьма чувствительными к запылению, что иногда является причиной отказов. В силу специфики работы прерывателя надежно защитить его от пыли затруднительно. Поэтому наилучшим решением проблемы является полный отказ от каких-либо механических контактов в системе зажигания.

В журнале «Радио», 1960, № 1 и 1972, № 7 были описаны бесконтактные системы зажигания с фотодатчиком и индукционным датчиком. Ниже помещено описание более простой и надежной бесконтактной системы зажигания с индуктивным датчиком. Эта система содержит меньшее число транзисторов и других элементов. Индуктивный датчик гораздо более надежен и долговечен, чем фотодатчик. Параметры сигнала с индуктивного датчика в меньшей степени зависят от числа оборотов по сравнению с индукционным.

Описываемая система зажигания была испытана в интервале температур от -40 до $+70°$ С при частоте формирования искры до 400 *гц*, что для четырехцилиндрового двигателя соответствует 12 000 *об/мин* коленчатого вала. Хорошие результаты были получены при эксплуатации системы на автомобиле ЗАЗ-965А. Установка элементов бесконтактного датчика требует некоторой доработки под-

вижного диска прерывателя-распределителя, который остается пригодным для работы в стандартной системе зажигания. Требуется также незначительная фрезеровка крышки распределителя.

Принципиальная схема тиристорной системы зажигания с бесконтактным индуктивным датчиком приведена на рис. 1. Система состоит из двух блоков: электронного

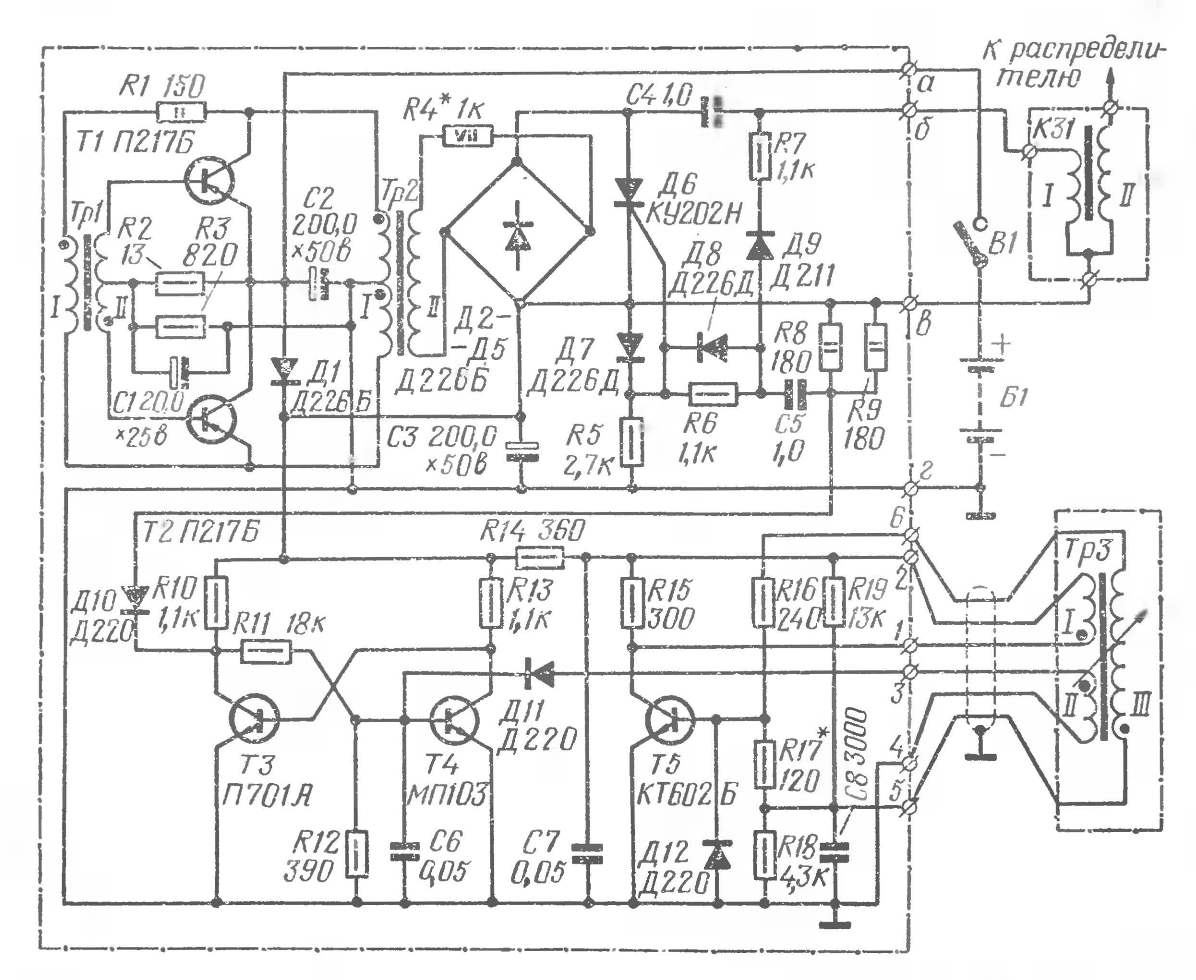


Рис. 1. Принципиальная схема. У транзистора Т2 следует поменять местами выводы эмиттера и коллектора

блока формирования искры и формирователя импульсов управления. Электронный блок в основном аналогичен описанному в журнале «Радио», 1966, № 6. Отличие состоит лишь во введении трансформатора *Тр1*, улучшающего работу преобразователя напряжения, и резистора *R4*, уменьшающего время возникновения генерации после срыва колебаний в моменты искрообразования, что позволяет снизить нагрев транзисторов *Т1* и *Т2* преобразователя. Рабочая частота преобразователя в отличие от известных систем выбрана более высокой, порядка 2,5—3 *кгц*. Это заметно увеличивает отношение частоты преобразования к максимальной частоте искрообразования, от которого за-

висит устойчивость работы преобразователя во всем интервале чисел оборотов двигателя.

Основное отличие описываемой системы зажигания заключается в принципе работы формирователя импульсов управления тиристором, срабатывающего от сигналов индуктивного датчика. Формирователь импульсов состоит из двух узлов: блокинг-генератора и формирующего триггера. Блокинг-генератор включает в себя транзистор *Т5*, импульсный трансформатор-датчик *Тр3*, резисторы *R*15 — *R19*, конденсаторы *С7*, *С8*, диод *Д12*. Формирующий триггер состоит из транзисторов *Т3*, *Т4*, резисторов *R10* — *R13*, конденсатора *С6* и диодов *Д10*, *Д11*.

Принцип работы датчика основан на изменении магнитной связи между катушками, размещенными на двух частях ферритового сердечника импульсного трансформатора *Тр3*, при введении в воздушный зазор между этими частями экрана. При отсутствии экрана обратная связь между коллекторной и базовой цепями транзистора *Т5* (между катушками *I* и *III*) достаточна для возникновения в блокинг-генераторе высокочастотных колебаний с частотой 300—500 *кгц*. При введении экрана в зазор сердечника трансформатора глубина положительной обратной связи в блокинг-генераторе резко уменьшается и генерация прекращается. Экраном является тонкостенный дюралюминиевый цилиндр-прерыватель, в котором прорезаны четыре (по числу цилиндров двигателя) прямоугольных отверстия. Ширина воздушного зазора сердечника трансформатора 1 *мм*. Искра возникает в момент прохождения прорези цилиндра в зазоре сердечника. Точность момента зажигания для различных цилиндров определяется точностью размещения прорезей на цилиндре.

Работает система зажигания следующим образом. Сразу после замыкания контактов *В1* замка зажигания запускается преобразователь напряжения. Переменное напряжение, снимаемое с обмотки *II* трансформатора *Тр2*, выпрямляется диодами *Д2* — *Д5* и через первичную обмотку катушки зажигания *КЗ1* заряжает накопительный конденсатор *С4* примерно до 400 *в*. Тиристор *Д6* в это время закрыт, так как на его управляющий электрод поступает отрицательное напряжение с диода *Д7*. Допустим, что в момент замыкания контактов замка зажигания цилиндр экранирует друг от друга половинки сердечника с обмотками *I* и *III* трансформатора *Тр3* и высокочастотные колебания в блокинг-генераторе отсутствуют. Диод *Д11* закрыт. Транзистор *Т4* также закрыт, поскольку напряжение на его базе, определяемое делителем *R11* — *R12*, недо-

статочно для открывания. Транзистор *Т3* при этом открыт током через резистор *R13*. Конденсатор *С5* заряжается по цепи: плюс источника питания — диод *Д1* — диод *Д7* — резистор *R6* — *С5* — диод *Д10* — открытый транзистор *Т3* — минус источника питания.

При вращении цилиндра-прерывателя, когда в зазор сердечника трансформатора *Тр3* входит прорезь, увеличивается магнитная связь между его катушками и в блокинг-генераторе возникают высокочастотные колебания, амплитуда которых увеличивается по мере входа прорези в зазор сердечника. При некоторой амплитуде колебаний открывается диод *Д11* и начинает заряжаться конденсатор *С6*. При дальнейшем увеличении амплитуды колебаний (примерно равной половине максимальной) напряжение на конденсаторе *С6* достигает напряжения открывания транзистора *Т4*, что через цепь непосредственной связи вызывает закрывание транзистора *Т3*. Происходит скачкообразное переключение формирующего триггера. При этом транзистор *Т4* полностью открывается, а транзистор *Т3* закрывается. Благодаря использованию формирующего триггера управляющие импульсы имеют крутой фронт независимо от скорости вращения цилиндра-прерывателя при строго определенных взаимных положениях прорезей цилиндра относительно сердечника трансформатора-датчика. После закрывания транзистора *Т3* конденсатор *С5* разряжается по цепи: левая (по схеме) обкладка конденсатора — диод *Д8* — управляющий электрод тиристора *Д6* — параллельно соединенные резисторы *R8* и *R9* — правая обкладка конденсатора. Открывшийся током разряда конденсатора *С5* тиристор *Д6* подключает заряженный конденсатор *С4* к первичной обмотке катушки зажигания бобины *КЗ1*. При этом во вторичной ее обмотке индуктируется высокое напряжение искрообразования, которое через распределитель поступает к свече соответствующего цилиндра двигателя.

Процессы, происходящие в других каскадах системы, подробно рассмотрены в статье «Электронная система зажигания», помещенной в журнале «Радио», 1966, № 6.

Основным элементом описываемой системы зажигания является датчик — импульсный трансформатор *Тр3* блокинг-генератора с разрезанным кольцевым ферритовым сердечником. Схематическое устройство датчика и чертежи его деталей показаны на рис. 2. Чертежи деталей механизма даны применительно к прерывателю Р-114. Для прерывателей других типов размеры деталей должны быть соответственно изменены. Датчик состоит из двух полуколец *1* с об-

мотками и корпуса *2*. Корпус изготовлен из текстолита. Полукольца *1* изготовляют из двух стандартных ферритовых колец 1000НМ (или 1000НН, Ф1000) типоразмера К7×4×2 путем стачивания их на мелкозернистом наждачном круге. Перед намоткой катушек необходимо притупить наждачной бумагой острые углы полуколец и покрыть полукольца слоем клея БФ-2. После сушки производят намотку катушек. Катушки *I* и *II*, содержащие по 80 витков, наматывают одновременно (в два провода), катушка *III* — также 80 витков — намотана на втором полукольце. Все катушки датчика намотаны проводом ПЭВ-2 0,12. Полукольца *1* с катушками вклеиваются клеем БФ-2 в пазы корпуса *2*

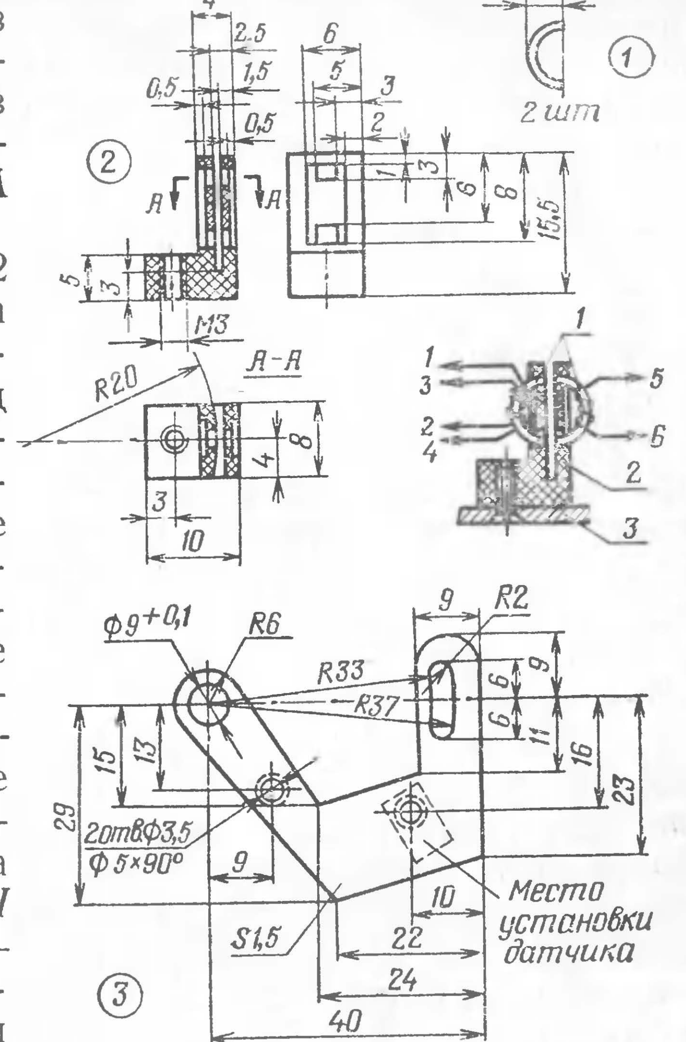


Рис. 2. Устройство импульсного трансформатора-датчика:
1 — полукольцо сердечника; *2* — корпус; *3* — крепежная пластина

датчика, при этом в щелевой зазор в корпусе необходимо временно ввести какую-либо пластину толщиной 1 *мм*, из материала не имеющего адгезии к клею БФ-2; полукольца должны упираться в эту пластину. После сушки клея желательно для большей прочности и герметичности обмоток пропитать датчик эпоксидным компаундом. С электронным блоком датчик соединяют шестипроводным экранированным кабелем длиной до 1,5 *м*. Кабель изготовляют из проводов с теплостойкой изоляцией МГТФ-0,07 (МГТФ-0,14). Из корпуса прерывателя кабель выведен через отверстие в изоляционном вкладыше (зажим провода низкого напряжения удален). Датчик укреплен на крепежной пластине винтом *М3*. Крепежная пластина *3* изготовлена из листовой стали толщиной 1,5 *мм* и по форме и способу крепления на подвижном диске прерывателя-распредели-

теля подобна стандартной пластине с неподвижным контактом. Доработка подвижного диска прерывателя заключается в снятии с него фетрового фильца с держателем, служивших для смазки кулачка и снятии молоточка прерывателя. Ось молоточка (на случай резервирования) лишь укорачивают до выточки для разрезной шайбы и с торца в ней сверлят отверстие сверлом 2,5 *мм* с последующей нарезкой резьбы М3. Крепежную пластину с датчиком устанавливают и центрируют так же, как и пластину с неподвижным контактом.

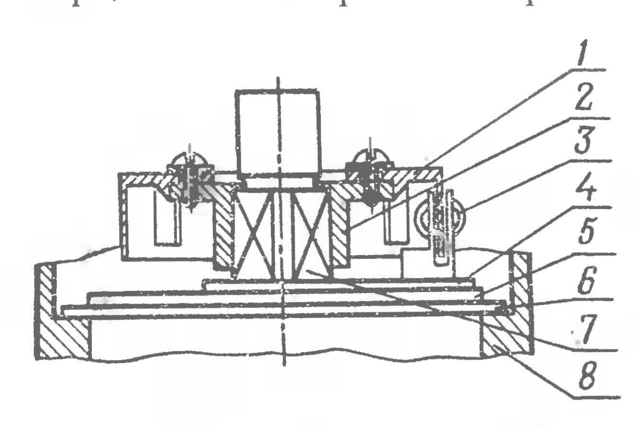


Рис. 3. Устройство узла цилиндра-прерывателя:
1 — цилиндр-прерыватель; *2* — установочная втулка; *3* — датчик; *4* — крепежная пластина датчика; *5* — подвижный диск прерывателя-распределителя; *6* — неподвижный диск; *7* — вал; *8* — корпус двигателя

В крышке распределителя производят фрезеровку двух внутренних выступов для свободного размещения в ней цилиндра-прерывателя и датчика. Устройство узла цилиндра-прерывателя приведено на рис. 3, а основные детали узла — на рис. 4. Цилиндр-прерыватель *1* изготовляют из дюралюминия Д16Т, а установочную втулку *2* — из стали ст. 45.

Конструктивно устройство состоит из основания, монтажной платы и крышки. Основание имеет толщину 15 *мм* и изготовлено из алюминиевого сплава, что обеспечивает хороший отвод тепла от укрепленных на нем транзисторов *Т1* и *Т2* и резистора *R4*, помещенного в специально профрезерованной в основании нише. Транзисторы изолируют от основания прокладками. Блок устанавливают в таком месте автомобиля, где температура не превышает 60° С.

Трансформатор *Тр1* намотан на тороидальном ленточном сердечнике с размерами 16×10×6 *мм* из стали ХВП, стали Э330 или пермаллоя 50НП. Обмотка *I* содержит 60, а обмотка *II* — 10+10 витков провода ПЭВ-2 0,25. Трансформатор *Тр2* выполнен на сердечнике Ш 9×12 *мм* из пермаллоя 50НП. Обмотка *I* содержит 24+24 витка провода ПЭВ-2 0,8, обмотка *II* — 770 витков ПЭВ-2 0,2. Трансформатор *Тр2* можно намотать и на ленточном тороидальном сердечнике ОЛ25/40—12,5 из стали ХВП с толщиной ленты 0,08. При этом обмотка *I* должна содержать 40+40 витков провода ПЭВ-2 1,0 *мм*, обмотка *II* — 1300 витков ПЭВ-2 0,2.

Резисторы *R1, R3, R5* — *R19* — типа МЛТ, *R2* — УЛИ, *R4* — ПЭВ-7,5. Конденсаторы можно использовать любых типов.

Вместо транзисторов П217Б можно использовать транзисторы П4Б, П214, П214А, П214Б, П217, П217А, П217В; транзистор П701А можно заменить на П701; МП103 — на

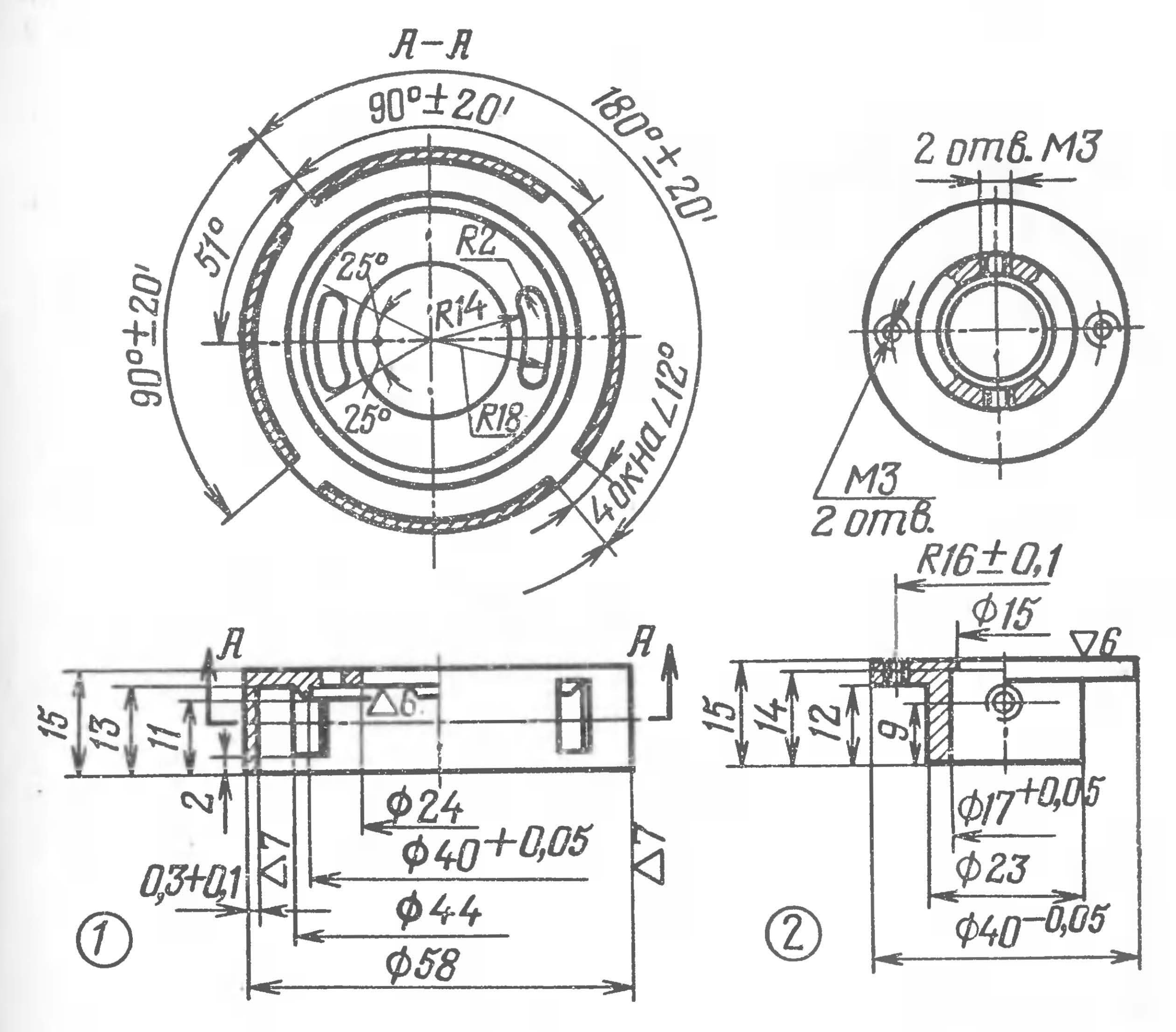


Рис. 4. Основные детали узла цилиндра-прерывателя

МП101, МП101А, МП101Б, МП102В; КТ602Б — на КТ602А — КТ602Г, КТ604А, КТ604Б, КТ605А, КТ605Б. Диоды серии Д226 можно заменить на Д205, Д237; диод Д211 — на Д210; диоды Д220 — на Д219А или Д223; взамен тиристора КУ202Н можно использовать КУ202Л, КУ202М, КУ201К, КУ201Л.

Сборку и регулировку бесконтактного прерывателя производят в следующем порядке. Датчик (см. рис. 2) привинчивают к пластине винтом М3 с потайной головкой (сначала лишь для фиксации положения). Крепежную пластину с датчиком устанавливают на подвижном диске прерывателя и слегка прижимают винтом М4 с шайбой.

Установочную втулку (см. рис. 3) надевают на кулачок прерывателя и закрепляют двумя винтами М3, упирающимися в плоские грани кулачка. Цилиндр-прерыватель надевают на установочную втулку, вводят в зазор датчика и прикрепляют к установочной втулке двумя винтами М3. Положение датчика выбирают таким, чтобы плоскость его зазора была параллельна касательной к цилиндрической поверхности цилиндра-прерывателя. После этого датчик жестко фиксируют на крепежной пластине, а пластину — на подвижном диске прерывателя двигателя. При вращении цилиндр-прерыватель не должен касаться стенок датчика в зазоре. На выступающий конец вала насаживают ротор распределителя (рис. 5).

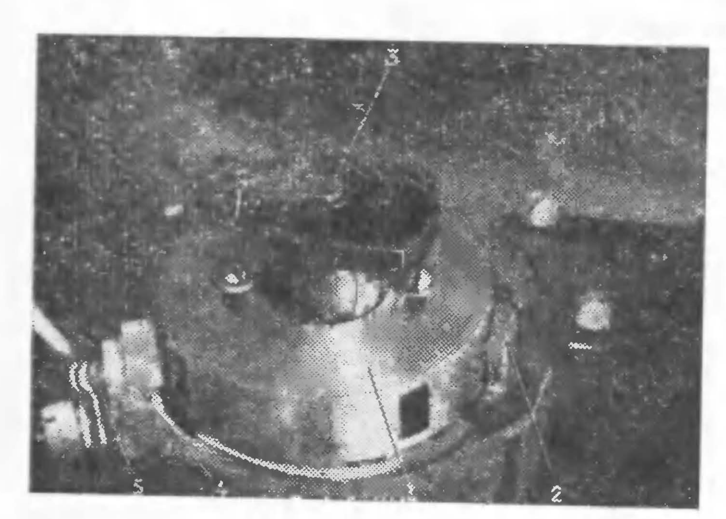


Рис. 5. Вид бесконтактного прерывателя в сборе (без крышки): *1* — цилиндр-прерыватель; *2* — датчик; *3* — ротор распределителя; *4* — изоляционный вкладыш; *5* — вывод кабеля

Правильно собранную из исправных деталей конструкцию наладить несложно. После замыкания контактов *В1* замка зажигания включается преобразователь — должен появиться характерный писк с частотой 2,5—3 *кгц*. При вращении коленчатого вала двигателя (крышка распределителя снята, а между центральным электродом и корпусом установлен искровой зазор величиной 2—3 *мм*) искра между центральным электродом и корпусом должна возникать в момент вхождения передней кромки прорези цилиндра-прерывателя в зазор между полукольцами трансформатора-датчика. При более раннем возникновении искры нужно уменьшить сопротивление резистора *R17*, при более позднем — увеличить.

Чтобы установить момент зажигания, стрелку октан-корректора надо совместить с нулевым делением шкалы и ослабить винты крепления цилиндра-прерывателя к установочной втулке; установить поршень первого цилиндра двигателя в конце такта сжатия так, чтобы метка «М3» на шкиве центрифуги (при монтаже блока зажигания на автомобиле «Запорожец») совпала с выступом на корпусе двигателя. После этого нужно медленно вращать цилиндр-прерыватель со скольжением относительно установочной

втулки до момента возникновения искры и в этом положении прочно завернуть два крепежных винта цилиндра-прерывателя; закрыть крышку распределителя. Окончательную установку момента зажигания производят по результатам движения автомобиля.

ЗВУКОВОЙ ИНДИКАТОР РАБОТЫ УКАЗАТЕЛЯ ПОВОРОТОВ

Г. ЛОМАКИН

На дорогах и улицах современного города с интенсивным автомобильным движением внимание водителя сосредоточено на дорожной обстановке. Очевидно, этим объясняется то, что часто можно видеть автомобиль, долго движущийся в прямом направлении с включенным указателем поворота. Подобные явления учащаются в солнечные дни, когда периодические включения индикаторной лампочки на приборной панели автомобиля становятся малозаметными.

Ниже приведено описание двух несложных устройств, помогающих водителю правильно пользоваться указателем поворотов в различных дорожных условиях. Оба устройства представляют собой звуковые индикаторы включения указателей поворотов.

На рис. 1 показана схема наиболее простого индикатора. Индикатор представляет собой мультивибратор, собранный на двух транзисторах (Т1, Т2). В коллекторную цепь одного из транзисторов включен громкоговоритель *Гр1*. В качестве громкоговорителя можно применить телефонный или любой другой капсюль с сопротивлением обмотки 65—3000 *ом*. Цепочка *R4, С3* служит дополнительным фильтром питания устройства в автомобилях с генератором переменного тока.

На рис. 2 представлена схема индикатора с усилителем

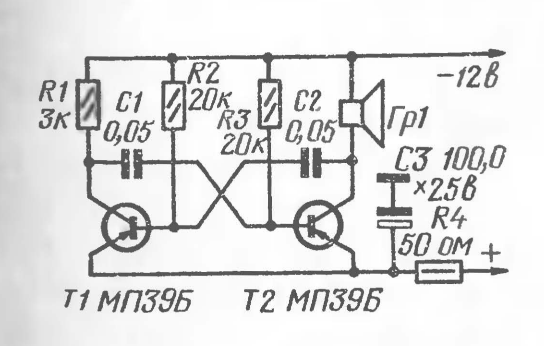


Рис. 1. Принципиальная схема звукового индикатора

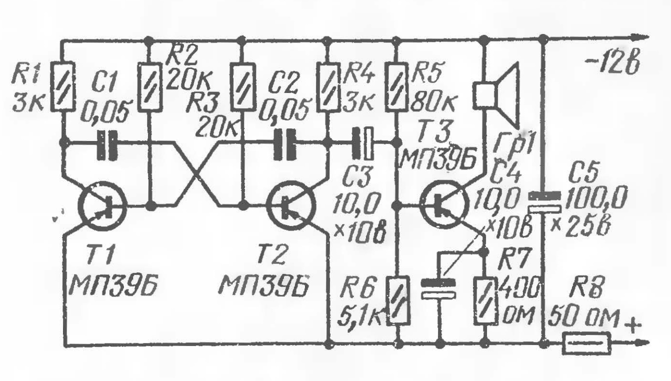


Рис. 2. Принципиальная схема звукового индикатора с усилителем НЧ

НЧ на одном транзисторе. Это устройство обеспечивает более громкое звучание сигнала, необходимое при повышенном шуме в салоне или при установке на грузовом автомобиле. Мультивибратор в этом устройстве аналогичен предыдущему. Усилитель НЧ выполнен на транзисторе *Т3*. Нагрузкой усилителя может служить практически любой громкоговоритель: телефонный капсюль с сопротивлением не менее 60 *ом*, малогабаритный динамический громкоговоритель с выходным трансформатором от любого карманного радиоприемника, электромагнитный наушник от так называемых головных телефонов и другие.

Устройства подключают параллельно индикаторной лампочке, расположенной на приборной панели.

В обоих устройствах могут быть использованы любые маломощные низкочастотные транзисторы типа *р-п-р:* П13—П16, МП39 — МП42 с любыми буквенными индексами. Можно использовать и кремниевые транзисторы МП101—МП103, МП111 — МП113 также с любыми буквенными индексами; при этом придется изменить на обратную полярность подключения устройства к сети и полярность электролитических конденсаторов.

При установке устройства в автомобиль, оснащенный генератором постоянного тока, фильтр *С3, R4* (или *С5, R8*) можно при необходимости изъять.

Оба устройства при правильном выполнении из исправных деталей налаживания не требуют. В устройстве по схеме рис. 1 может потребоваться лишь подгонка тона звучания подбором резистора *R1*, конденсаторов *С1, С2*. В другом устройстве, кроме этого, может потребоваться некоторая корректировка резистора *R7* по наибольшей громкости звучания. Выбирать сопротивление этого резистора меньше 50 *ом* не рекомендуется.

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЕМ

А. ВОЗНЕСЕНСКИЙ

Предлагаемое устройство позволяет установить необходимый режим работы стеклоочистителя в зависимости от количества осадков на лобовом стекле. Принципиальная схема устройства представлена на рис. 1. Транзисторы *Т1* и *Т2* образуют электрический аналог прибора с *р-п-р-п* структурой тиристора. Такой аналог отличается от тиристора большой стабильностью параметров и более широкими схемными возможностями. Управлять им можно с помощью сигнала как положительной, так и отрицательной полярности, в зависимости от схемы включения. Установив постоянное напряжение смещения на одной из баз такого «составного» тиристора, им можно управлять также и «по аноду», подавая соответствующее напряжение включения. В описываемом устройстве использован именно этот режим. Напряжение включения установлено равным 6 *в*.

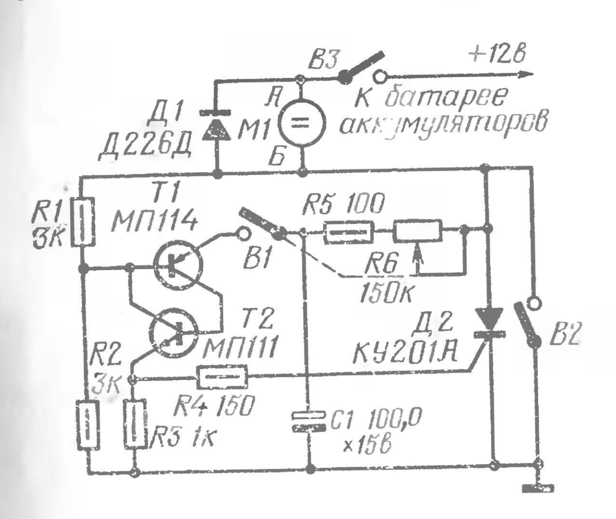


Рис. 1. Принципиальная схема устройства управления стеклоочистителем

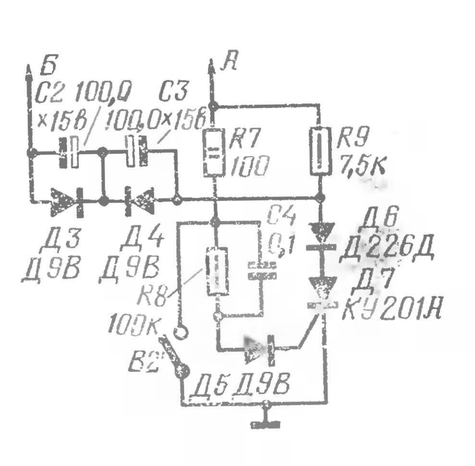


Рис. 2. Принципиальная схема коммутирующего устройства

Устройство работает следующим образом. При включении зажигания замыкаются контакты В3 и конденсатор *С1* заряжается до напряжения аккумуляторной батареи *Б1* по цепи *М1 — R6 — R5*. При замыкании контактов выключателя *В1*, служащего для включения механизма стеклоочистителя, напряжение конденсатора *С1* переключает «составной» тиристор *Т1, Т2* в проводящее состояние. Поэтому напряжение через резистор R4 передается на управляющий электрод тиристора *Д2*, в результате чего тиристор открывается и включает электродвигатель *М1*, шунтируя цепь заряда конденсатора *С1*. Сразу после пуска электродвигателя контакты конечного выключателя стеклоочистителя *В2*, механически связанного с электродвигателем, замыкаются и тиристор *Д2* снова закрывается. При этом двигатель остается включенным контактами конечного выключателя.

Когда щетки стеклоочистителя совершат полный цикл, контакты *В2* разомкнутся и отключат электродвигатель. С этого момента снова начинается заряд конденсатора *С1*, который теперь заряжается только до напряжения 6 *в*, после чего происходит включение «составного» тиристора *Т1, Т2* и цикл повторяется.

Время заряда конденсатора *С1* в основном определяется сопротивлением переменного резистора *R6*. Когда со-

противление резистора минимально, то время заряда мало — стеклоочиститель работает непрерывно. При максимальном сопротивлении резистора *R6* время заряда *C1* до напряжения 6 *в* составляет примерно 10 секунд, поэтому щетки совершают один цикл за 10 секунд. Изменением сопротивления резистора *R6* устанавливают желаемый режим работы стеклоочистителя.

В автомобилях разных марок и разного времени выпуска износоустойчивость контактов *B2* конечного выключателя стеклоочистителя различна. Эти контакты разрывают цепь с током порядка единиц ампер. Добавлением коммутирующего устройства на тиристоре *Д7* можно уменьшить разрываемый контактами *B2* ток до 120 *ма* при активной нагрузке. При этом срок службы контактов будет определяться в основном механическим износом.

Схема коммутирующего устройства изображена на рис. 2; точки подключения устройства к основному блоку обозначены буквами *А* и *Б*. Новое место подключения контактов конечного выключателя *B2* обозначено *B2'*.

Коммутирующее устройство работает следующим образом. При замыкании контактов *B3* замка зажигания ток заряда конденсатора *C4* открывает тиристор *Д7*, в результате чего заряжается конденсатор *C3* по цепи *M1* — *Д3* — *C3* — *Д6* — *Д7*. После заряда конденсатора *C3* анодный ток тиристора *Д7* уменьшается примерно до 1,5 *ма* и тиристор *Д7* выключается, так как ток удержания его в открытом состоянии значительно больше. Когда замыкаются контакты выключателя *B1* и включается тиристор *Д2*, как уже было описано выше, начинает заряжаться конденсатор *C2* по цепи *R9* — *Д4* — *C2* — *Д2*. В первый момент разряжается конденсатор *C3*, так как к нему прикладывается напряжение обратной полярности, после чего зарядный ток конденсатора *C2* проходит через диод *Д4*. С момента замыкания контактов *B2'* конденсатор *C4* начинает разряжаться через резистор *R8*. Диод Д5 предотвращает попадание напряжения обратной полярности на управляющий электрод тиристора *Д7*. В конце цикла контакты *B2* размыкаются, снова начинает заряжаться конденсатор *C4*, зарядный ток которого снова включает тиристор *Д7*. В результате этого к открытому тиристору *Д2* прикладывается напряжение обратной полярности с конденсатора *C2*. Тиристор закрывается и отключает электродвигатель. Далее цикл повторяется. Некоторые экземпляры тиристоров имеют ток удержания меньше 1,5 *ма*, и, кроме того, с повышением температуры ток удержания тиристоров уменьшается. Поэтому тиристор *Д7* после заряда конденсатора *C3* может

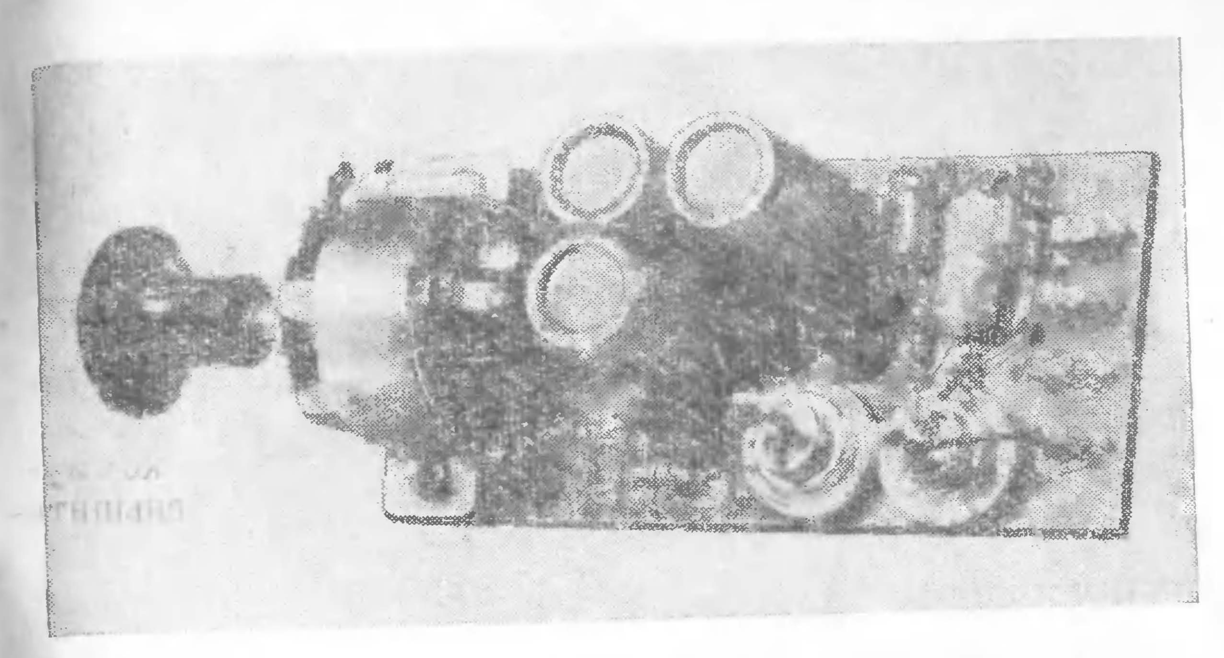


Рис. 3. Вид на монтаж готового устройства управления стеклоочистителем

остаться включенным. Этот случай, однако, не нарушает работы устройства, так как в первый же момент после включения тиристора *Д2* напряжение конденсатора *C3* прикладывается к цепочке *Д6*—*Д7* в обратном направлении, что приводит к немедленному закрыванию тиристора *Д7*.

Диод *Д1* служит для защиты тиристора *Д2* от бросков напряжения, возникающих при отключении двигателя, а диод *Д6* — для устранения паразитных колебаний в контуре, образованном индуктивностью двигателя и емкостью конденсаторов *C2*, *C3*.

В устройстве управления стеклоочистителем могут быть использованы транзисторы МП101 — МП103, МП112 — МП113 (*T2*) и МП104 — МП106, МП115 — МП116 (*T1*). Статический коэффициент усиления $B_{ст}$ транзисторов должен быть в пределах 10—70. Тиристоры *Д2*, *Д7* — типов КУ201, КУ202 с любым буквенным индексом и током включения не более 100 *ма*. Резисторы типа МЛТ; переменный резистор *R6* типа ТК спарен с выключателем *B1*. Конденсаторы *C1*—*C3* типа К50-3; *C4* — МБМ. Устройство смонтировано на гетинаксовой плате с размерами 115×60 *мм*. Переменный резистор *R6* прочно крепится к плате стальным хомутиком. Все устройство устанавливается на приборной панели автомобиля на место выключателя стеклоочистителя и закрепляется гайкой переменного резистора *R6*. Вид смонтированного устройства показан на рис. 3.

Если устройство собрано без ошибок и все детали исправны, то оно не требует налаживания.

СОДЕРЖАНИЕ

НАЧИНАЮЩЕМУ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Приемник-авторучка. *Н. Парфенов* 1

Дисковый переключатель диапазонов. *В. Липницкий, В. Соколов* 4

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Генератор спиральной развертки. *В. Ринский* 7

Электроннолучевой осциллограф. *Б. Татарко* 19

Применение мультивибраторов для измерения емкости. *В. Титов* 32

Защита электроизмерительных приборов от перегрузок. *И. Шабельников* 37

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

Методы и устройства управления тиристорами. *В. Крылов* . 44

Параллельный стабилизатор напряжения с высоким к. п. д. *С. Назаров* 55

АВТОМОТОЛЮБИТЕЛЮ

Электронная бесконтактная система зажигания для автомобилей. *Н. Комков* 63

Звуковой индикатор работы указателя поворотов. *Г. Ломакин* 71

Устройство управления стеклоочистителем. *А. Вознесенский* 72

СПРАВОЧНЫЙ ЛИСТОК РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА «РАДИО»

ГДЕ КУПИТЬ КНИГУ?

Литературу по вопросам радиотехники и радиолюбительства можно приобрести только в организациях, занимающихся книжной торговлей.

С тематическими планами выпуска радиотехнической литературы можно ознакомиться в книжных магазинах, радиоклубах ДОСААФ, библиотеках.

Справки о книгах, которые намечаются к изданию, дают также издательства, выпускающие эти книги.

Адреса издательств:

«Энергия» (серия «Массовой радиобиблиотеки») — Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

«ДОСААФ» — Москва, Б-66, Новорязанская, 26.

«Связь» — Москва, Центр, Чистопрудный бульвар, 2.

Публикации о книгах, которые будут издаваться в текущем году, ежегодно печатаются в первых номерах журнала «Радио». Сообщения о выпуске книг по радиотехнике и радиоэлектронике дает в разделах «Книги недели» и «Энергетика» еженедельная газета Комитета по печати при Совете Министров СССР «Книжное обозрение». Номера этой газеты можно приобретать в киосках «Союзпечати». Подписная ее цена 2 руб. 40 коп. в год. Подписка — без ограничений.

Радиолюбители, живущие в местах, где нет книжного магазина, могут обратиться в магазины «Книга — почтой» или «Военная книга — почтой».

Адреса магазинов, высылающих почтой имеющиеся в наличии книги

Азербайджанская ССР

Баку (Боладжары), ул. Натавана, 8, магазин «Книга — почтой».

Баку, ул. Саратовца — Ефимова, 30, магазин научно-технической книги.

Армянская ССР

Ереван, ул. Кирова, 14, магазин «Книга — почтой».

Ереван, ул. Абовяна, 17, книжный магазин № 1.

Белорусская ССР

Минск, 5, Ленинский пр., 48, магазин научно-технической книги.

Минск, Железнодорожная, 27, магазин «Книга — почтой».

Брест, ул. Куйбышева, 81, магазин «Книга — почтой».

Витебск, ул. Ленина, 54, магазин № 1.

Гомель, Советская, 3, магазин научно-технической книги № 5.

Гродно, ул. Кирова, 8, магазин № 7.

Могилев, Первомайская, 34, магазин № 3.

Грузинская ССР

Тбилиси, проспект Руставели, 37, магазин технической книги № 7.

Тбилиси, ул. Камо, 18, магазин «Книга — почтой».

Сухуми, ул. Лакоба, 58, магазин «Книга — почтой» № 7.

Казахская ССР

Алма-Ата, ул. Мечникова, 72, магазин «Книга — почтой».

Алма-Ата, ул. Чайковского, 120, магазин технической книги.

Караганда, Новый город, ул. Джамбула, 1, магазин технической книги.

Караганда, бульвар Мира, 7-а, магазин «Книга — почтой».

Петропавловск, ул. Ленина, 22, книжный магазин.

Семипалатинск, ул. Ленина, 66, книжный магазин № 1.

Целиноград, Целиноградская ул., 65, книжный магазин № 1.